

# UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**TESIS**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE PARÁMETROS  
FÍSICO-QUÍMICOS EN EL RÍO TOROCOCHA, CIUDAD DE JULIACA – SAN**

**ROMÁN – PUNO, 2025**

**PRESENTADA POR:**

**CARLOS MAKE GALINDO MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO - PERÚ**

**2025**



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](https://www.upsc.edu.pe) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



# 11.45%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 21 OCT 2025, 7:13 PM

## Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL  
1.98%

● CHANGED TEXT  
9.46%

## Report #29414915

CARLOS MAKE GALINDO MAMANI // EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN EL RÍO TOROCOCHA, CIUDAD DE JULIACA – SAN ROMÁN – PUNO, 2025 RESUMEN El presente estudio tuvo como objetivo analizar la calidad del agua del río Torococha mediante la evaluación de parámetros físico-químicos en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román, Puno, 2025. Se establecieron cuatro puntos de muestreo separados aproximadamente por 500 metros, donde se recolectaron muestras de agua analizadas en laboratorio bajo protocolos estandarizados. Los parámetros evaluados fueron: físicos (temperatura, pH, turbidez, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos) y químicos (Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO, Demanda Química de Oxígeno - DQO, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal y fosfatos). Los resultados muestran que los parámetros físicos como temperatura (16,9–17,5 °C), pH (7,35–8,31), conductividad eléctrica (174,4–190 µS/cm) y sólidos totales disueltos (87,1–95 mg/L) cumplen con los valores establecidos por el D.S. N.º 004-2017-MINAM; sin embargo, la turbidez (24,8–25,2 NTU) supera los límites permitidos, evidenciando la presencia de partículas suspendidas y contaminantes. En cuanto a los parámetros químicos, se registraron valores elevados de DBO (44,08–64 mg/L) y DQO (94,10–120,50 mg/L), así como concentraciones significativas de nitratos (11,9–36,3 mg/L), nitritos (1,04–1,20 mg/L), nitrógeno amoniacal (3,20–22,90 mg/L) y fosfatos (0,80–1,20 mg/L), todos

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**TESIS**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE PARÁMETROS  
FÍSICO-QUÍMICOS EN EL RÍO TOROCOCHA, CIUDAD DE JULIACA – SAN  
ROMÁN – PUNO, 2025**

**PRESENTADA POR:**

**CARLOS MAKE GALINDO MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:

  
Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

PRIMER MIEMBRO

:

  
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

SEGUNDO MIEMBRO

:

  
M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

ASESOR DE TESIS

:

  
Dra. ELVIRA ANANI DURAND GOZQUETA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería ambiental

Línea de investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 28 de octubre del 2025.

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por brindarme salud, fortaleza y sabiduría para culminar este proyecto, guiando cada uno de mis pasos con amor y esperanza.

A mis padres y familia, quienes con su apoyo incondicional, esfuerzo y sacrificio han sido el motor que me impulsa a seguir adelante, enseñándome el valor del trabajo, la perseverancia y la educación como base para alcanzar mis sueños.

Y finalmente, dedico este proyecto a todas aquellas personas que creen en mí, que me motivan a mejorar cada día y que me inspiran a contribuir con el cuidado del medio ambiente y el desarrollo sostenible de nuestra sociedad.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios, por darme la vida, la salud y la fortaleza necesarias para culminar este proyecto de investigación, iluminando siempre mi camino con sabiduría y esperanza.

A mi familia, por su amor incondicional, apoyo constante y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia; este logro es también fruto de su dedicación y sacrificio.

Extiendo mi gratitud a mis docentes y asesores, quienes con sus conocimientos, orientación y experiencia académica hicieron posible el desarrollo de este trabajo, brindándome las herramientas necesarias para crecer profesional y personalmente.

Finalmente, agradezco a todas las personas e instituciones que de una u otra forma contribuyeron a la realización de este proyecto, aportando su tiempo, recursos y apoyo en cada etapa del proceso investigativo.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ANEXOS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>13</b>
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	16
<b>1.2. ANTECEDENTES</b>	<b>16</b>
1.2.1. INTERNACIONALES	16
1.2.2. NACIONALES	19
1.2.3. LOCALES	23
<b>1.3. OBJETIVOS</b>	<b>26</b>
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	26
1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS	26

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b>	<b>27</b>
2.1.1. CALIDAD DEL AGUA	27
2.1.2. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA	28

2.1.3. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA	28
2.1.4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SEGÚN NORMATIVAS	29
2.1.5. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA	29
2.1.6. IMPORTANCIA DE EVALUAR PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	32
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>32</b>
<b>2.3. MARCO NORMATIVO</b>	<b>35</b>
<b>2.3. HIPÓTESIS</b>	<b>36</b>
2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL	36
2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	37
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>38</b>
<b>3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	<b>39</b>
3.2.1. POBLACIÓN	39
3.2.2. MUESTRA	40
<b>3.3. MÉTODOS Y MATERIALES</b>	<b>42</b>
3.3.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	42
3.3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	43
3.3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	43
3.3.4. DISEÑO ESTADÍSTICO	43
<b>3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO</b>	<b>44</b>
3.4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 01	44
3.4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 02	46
<b>3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>48</b>

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

<b>4.1. ANALIZAR LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO TOROCOCHA SEGÚN LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN LA CIUDAD DE JULIACA, PROVINCIA DE SAN ROMÁN – PUNO, 2025.</b>	<b>49</b>
4.1.1. ESTADO FÍSICO-QUÍMICO: RANGOS	49
4.1.2. GRADIENTE ESPACIAL (M1–M4): PUNTOS MÁS COMPROMETIDOS	50
<b>4.2. DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS EN EL RÍO TOROCOCHA, EN LA CIUDAD DE JULIACA, PROVINCIA DE SAN ROMÁN – PUNO, 2025.</b>	<b>51</b>
4.2.1. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS	51
4.2.2. INTERPRETACIÓN TÉCNICA	52
4.2.3. GRÁFICOS COMPARATIVOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL RÍO TOROCOCHA	53
<b>4.3. DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS EN EL RÍO TOROCOCHA, EN LA CIUDAD DE JULIACA, PROVINCIA DE SAN ROMÁN – PUNO, 2025.</b>	<b>57</b>
4.3.1. GRÁFICOS COMPARATIVOS DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS DEL RÍO TOROCOCHA	61
<b>4.5. DISCUSIÓN</b>	<b>68</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>72</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>73</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>74</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>80</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 01:</b> Ubicación de las estaciones de muestreo en el río Torococha, Juliaca	41
<b>Tabla 02:</b> Materiales utilizados.	44
<b>Tabla 03:</b> Equipos utilizados.	46
<b>Tabla 04:</b> Operacionalización de variables de la investigación.	48
<b>Tabla 05:</b> Resultado de los análisis físicos en M1, M2, M3 y M4.	51
<b>Tabla 06:</b> Concentración de parámetros químicos en el río Torococha (2025)	59
<b>Tabla 07:</b> Concentración de parámetros físicos y químicos en el río Torococha (2025)	60
<b>Tabla 08:</b> Comparación de parámetros físico-químicos del río Torococha frente a los ECA (2025)	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 01:</b> Ubicación del lugar de investigación – Juliaca, Puno – Perú.	39
<b>Figura 02:</b> Ubicación del río Torococha, ubicado en la ciudad de Juliaca	39
<b>Figura 03:</b> Ubicación de los dos puntos de muestreo en el río Torococha en la ciudad de Juliaca.	42
<b>Figura 04:</b> Vista general de las aguas residuales en la ciudad de Ilave.	83
<b>Figura 05:</b> Toma de muestra de agua en el punto M1.	83
<b>Figura 06:</b> Rotulado de la muestra M1 para el análisis físico-químico.	84
<b>Figura 07:</b> Toma de muestra de agua en el punto M2.	84
<b>Figura 08:</b> Llenado del rotulado de la muestra M2.	85
<b>Figura 09:</b> Toma de muestra de agua en el punto M3.	85
<b>Figura 10:</b> Llenado de datos del rotulado de la muestra M3	86
<b>Figura 11:</b> Toma de muestra de agua en el punto M4.	86
<b>Figura 12:</b> Llenado de datos del rotulado de la muestra M4.	87
<b>Figura 13:</b> Acondicionamiento de las muestras para su traslado al laboratorio.	87
<b>Figura 14:</b> Registro de la guía de campo en el punto M1 y M2.	88
<b>Figura 15:</b> Registro de la guía de campo en el punto M3 y M4.	89
<b>Figura 16:</b> Resultados del laboratorio.	90

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 01:</b> Matriz de consistencia: Evaluación de la calidad del agua mediante parámetros físico-químicos en el río Torococha, ciudad de Juliaca - San Román - Puno, 2025	81
<b>Anexo 02:</b> Instrumentos	82
<b>Anexo 03:</b> Registro Fotográfico	83

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo analizar la calidad del agua del río Torococha mediante la evaluación de parámetros físico-químicos en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román, Puno, 2025. Se establecieron cuatro puntos de muestreo separados aproximadamente por 500 metros, donde se recolectaron muestras de agua analizadas en laboratorio bajo protocolos estandarizados. Los parámetros evaluados fueron: físicos (temperatura, pH, turbidez, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos) y químicos (Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO, Demanda Química de Oxígeno - DQO, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal y fosfatos). Los resultados muestran que los parámetros físicos como temperatura (16,9–17,5 °C), pH (7,35–8,31), conductividad eléctrica (174,4–190  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y sólidos totales disueltos (87,1–95 mg/L) cumplen con los valores establecidos por el D.S. N.° 004-2017-MINAM; sin embargo, la turbidez (24,8–25,2 NTU) supera los límites permitidos, evidenciando la presencia de partículas suspendidas y contaminantes. En cuanto a los parámetros químicos, se registraron valores elevados de DBO (44,08–64 mg/L) y DQO (94,10–120,50 mg/L), así como concentraciones significativas de nitratos (11,9–36,3 mg/L), nitritos (1,04–1,20 mg/L), nitrógeno amoniacal (3,20–22,90 mg/L) y fosfatos (0,80–1,20 mg/L), todos superiores a los límites normativos. Estos resultados reflejan que el río Torococha presenta altos niveles de contaminación orgánica y química, derivados principalmente de vertimientos domésticos, comerciales e industriales, así como del inadecuado manejo de residuos sólidos. Se concluye que la calidad del agua no cumple con los estándares ambientales establecidos, representando un riesgo para los ecosistemas acuáticos y la salud pública, por lo que se recomienda implementar plantas de tratamiento de aguas residuales y fortalecer el monitoreo periódico de la calidad del agua.

**Palabras clave:** Agua, Calidad, Contaminación, Físicoquímicos, Parámetros.

## ABSTRACT

The present study aimed to analyze the water quality of the Torococha River by evaluating physical and chemical parameters in the city of Juliaca, San Román province, Puno, 2025. Four sampling points were established, separated by approximately 500 meters, where water samples were collected and analyzed in the laboratory under standardized protocols. The parameters evaluated were: physical (temperature, pH, turbidity, electrical conductivity, and total dissolved solids) and chemical (Biochemical Oxygen Demand - BOD, Chemical Oxygen Demand - COD, nitrates, nitrites, ammoniacal nitrogen, and phosphates). The results show that physical parameters such as temperature (16.9–17.5 °C), pH (7.35–8.31), electrical conductivity (174.4–190  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), and total dissolved solids (87.1–95 mg/L) comply with the values established by the D.S. No. 004-2017-MINAM; however, turbidity (24.8–25.2 NTU) exceeds the permitted limits, evidencing the presence of suspended particles and contaminants. Regarding chemical parameters, high values of BOD (44.08–64 mg/L) and COD (94.10–120.50 mg/L) were recorded, as well as significant concentrations of nitrates (11.9–36.3 mg/L), nitrites (1.04–1.20 mg/L), ammoniacal nitrogen (3.20–22.90 mg/L), and phosphates (0.80–1.20 mg/L), all above the regulatory limits. These results reflect that the Torococha River has high levels of organic and chemical contamination, mainly derived from domestic, commercial and industrial discharges, as well as inadequate solid waste management. It is concluded that water quality does not meet established environmental standards, posing a risk to aquatic ecosystems and public health. Therefore, it is recommended to implement wastewater treatment plants and strengthen periodic water quality monitoring.

**Keywords:** Water, Quality, Pollution, Physicochemical parameters.

## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural indispensable para el desarrollo de la vida, las actividades humanas y el equilibrio de los ecosistemas. Sin embargo, el acelerado crecimiento urbano, el incremento de las actividades industriales, comerciales y domésticas, así como la inadecuada gestión de residuos sólidos y líquidos, han generado un aumento significativo en los niveles de contaminación de los cuerpos de agua, afectando su calidad y disponibilidad. En este contexto, el monitoreo de parámetros físico-químicos resulta fundamental para evaluar el estado ambiental de los ríos y diseñar estrategias de mitigación que garanticen el uso sostenible de este recurso.

La ciudad de Juliaca, ubicada en la provincia de San Román, departamento de Puno, enfrenta un notable deterioro en sus fuentes hídricas debido a la descarga directa de aguas residuales sin tratamiento, la expansión urbana desordenada y la falta de infraestructura sanitaria adecuada. El río Torococha, uno de los principales afluentes que atraviesa la ciudad, ha sido identificado como un cuerpo de agua altamente vulnerable a la contaminación, lo que representa riesgos ambientales y de salud pública para las comunidades circundantes.

Este estudio se planteó como objetivo general analizar la calidad del agua del río Torococha mediante la evaluación de parámetros físico-químicos, con el propósito de determinar su estado actual y evidenciar el grado de deterioro ambiental de este recurso. Para ello, se establecieron cuatro puntos de muestreo estratégicos a lo largo del cauce del río y se realizaron análisis de parámetros físicos (temperatura, pH, turbidez, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos) y químicos (DBO, DQO, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal y fosfatos).

La importancia de esta investigación radica en generar información técnica actualizada que sirva como base para la toma de decisiones de las autoridades ambientales, el diseño de políticas públicas de saneamiento y la implementación de medidas correctivas para la protección del recurso hídrico. Además, contribuye a sensibilizar a la población

sobre la necesidad de conservar y gestionar de manera sostenible el agua, elemento esencial para la salud y el desarrollo socioeconómico de la región de Puno.

Finalmente, el presente trabajo se estructura en los siguientes capítulos:

- **Capítulo I:** Planteamiento del problema, donde se presenta la realidad problemática, formulación, justificación y objetivos del estudio.
- **Capítulo II:** Marco teórico, que incluye antecedentes, bases teóricas y la definición de términos relacionados con la calidad del agua.
- **Capítulo III:** Metodología, en el cual se describe el diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos.
- **Capítulo IV:** Resultados, donde se exponen los análisis físico-químicos realizados y la interpretación de los datos obtenidos.
- **Capítulo V:** Discusión, conclusiones y recomendaciones, que contrasta los hallazgos con otros estudios, y presenta las conclusiones principales y las sugerencias para mejorar la calidad del agua del río Torococha.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua dulce representa apenas el 3 % del total de recursos hídricos del planeta, y de este porcentaje, solo un 0.025 % está realmente disponible para el consumo humano. Aunque es un recurso renovable, su disponibilidad y calidad han sufrido un deterioro progresivo como consecuencia del crecimiento demográfico, la expansión urbana no planificada, el uso intensivo en actividades agrícolas e industriales, así como la creciente presión de las acciones antrópicas (Fundación Aquae, 2021). Según la Organización de las Naciones Unidas (2023), más de dos mil millones de personas carecen de acceso seguro al agua potable, mientras que el 80 % de las aguas residuales generadas a nivel mundial son descargadas sin tratamiento previo, lo que afecta directamente la calidad del agua en numerosos ecosistemas (Naciones Unidas, 2024).

Además, el cambio climático ha intensificado fenómenos extremos como sequías prolongadas e inundaciones severas, afectando tanto la disponibilidad como la calidad del recurso hídrico (Gaspar et al., 2024). Esta situación se agrava ante la contaminación sistemática de cuerpos de agua superficial ríos y lagos, los cuales se ven afectados por la acumulación de contaminantes como metales pesados, desechos sólidos, nutrientes en exceso y microorganismos patógenos. Esta alteración de los parámetros fisicoquímicos del agua compromete no solo su calidad, sino también la salud humana, la biodiversidad acuática y la seguridad alimentaria, lo que ha motivado a organismos internacionales a promover una gestión sostenible e integrada de los recursos hídricos (Salas et al., 2020).

En América Latina, pese a poseer alrededor del 30% del agua dulce del mundo, los problemas de distribución desigual y contaminación generalizada se han intensificado. Los vertimientos de aguas residuales domésticas, descargas industriales sin control, prácticas agrícolas con fertilizantes no regulados y la minería informal, constituyen una amenaza directa para la calidad del agua y el equilibrio ambiental (Nieto, 2021). La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2021) señala que, en varios países de la región, más del 70 % de las aguas servidas son vertidas directamente en ríos y lagos sin tratamiento, afectando sus condiciones físico-químicas y biológicas.

Los ríos urbanos, en particular, se han convertido en focos de contaminación severa, acumulando altas concentraciones de sólidos suspendidos, metales pesados, coliformes fecales y sustancias orgánicas. Esto deteriora su calidad y pone en riesgo a millones de personas que dependen de ellos para usos domésticos, agrícolas o recreativos (Herrera et al., 2022). Ciudades como Bogotá, Lima, La Paz y Ciudad de México exhiben ríos con parámetros que superan los límites permisibles de DBO, SST y metales pesados. La escasa implementación de políticas de saneamiento, la falta de infraestructura adecuada y la limitada inversión pública en gestión ambiental, intensifican esta problemática (González & Chiroles, 2020).

En el Perú, la contaminación de los cuerpos de agua superficial constituye un problema estructural persistente. Más de 130 ríos y lagos no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, según datos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA). En la mayoría de estos casos, se identifican altos niveles de DBO5, turbidez, fósforo y coliformes fecales, producto del vertimiento directo de aguas residuales, residuos industriales y desechos sólidos. Esta alteración de los parámetros fisicoquímicos compromete el uso del recurso hídrico para actividades como el riego, la ganadería o el consumo humano (Zambrano, 2023).

Casos como el del río Mantaro, impactado por la actividad minera, y el río Coata, contaminado por descargas urbanas de Juliaca, evidencian la magnitud del problema (Espinoza, 2023). Aunque el Perú cuenta con una normativa ambiental sólida, su

implementación aún enfrenta obstáculos como la débil institucionalidad de las Autoridades Locales del Agua (ALA), la escasa fiscalización y la limitada participación ciudadana en la gestión hídrica, lo cual impide avanzar hacia una administración efectiva y preventiva del recurso (Choque et al., 2022).

En el ámbito regional, la región Puno enfrenta una crítica situación de contaminación hídrica a pesar de ubicarse en la cuenca del lago Titicaca. Diversos ríos que alimentan esta cuenca, como el Coata, Suches, Ramis y Torococha, presentan concentraciones elevadas de parámetros como coliformes fecales, sólidos suspendidos totales, DBO5 y metales pesados, superando los límites establecidos por las normas ambientales vigentes (Espinoza, 2023). Según informes de DIGESA y ANA, el 90 % de las aguas residuales generadas en Juliaca son vertidas sin tratamiento previo, lo que afecta directamente la calidad del agua en estos ríos (Tumi, 2022).

Este escenario representa una amenaza para los ecosistemas acuáticos, la pesca, la agricultura y la salud de las poblaciones aledañas. Puno se mantiene como una de las regiones con menor acceso a sistemas de tratamiento de aguas residuales, y los esfuerzos de saneamiento han sido limitados debido a restricciones presupuestales, conflictos interinstitucionales y falta de compromiso político. Esta situación demanda acciones urgentes desde una perspectiva ambiental integral, con énfasis en la gestión técnica y comunitaria del agua (Quispe, 2024).

En el río Torococha, ubicado en la ciudad de Juliaca, se ha observado una acumulación progresiva de aguas residuales domésticas, hospitalarias e industriales, así como residuos sólidos vertidos directamente a su cauce sin ningún tratamiento previo. Esta situación evidencia una fuerte alteración en sus condiciones naturales, que se refleja en el color oscuro de sus aguas, la presencia de olores fétidos y la formación de espuma y material flotante. Estos signos visibles hacen sospechar una posible alteración de parámetros fisicoquímicos, lo cual representa un deterioro significativo de la calidad del agua. Adicionalmente, la invasión de su faja marginal ha reducido el cauce natural del río,

generando estancamientos y aumentando el riesgo de desbordes durante la temporada de lluvias.

Esta degradación ambiental no solo afecta la integridad del ecosistema acuático, sino que también incide directamente en la calidad de vida de la población juliaqueña, especialmente de quienes habitan cerca del río. Se han reportado casos frecuentes de enfermedades gastrointestinales y dermatológicas entre los pobladores aledaños, posiblemente vinculadas al contacto con aguas contaminadas. Además, el deterioro de la calidad del agua limita su aprovechamiento para actividades agrícolas, recreativas o de riego, afectando el desarrollo económico y social local. Ante esta problemática, se hace urgente la realización de un análisis técnico que evalúe la calidad del agua del río Torococha mediante parámetros fisicoquímicos, a fin de sustentar futuras acciones de recuperación ambiental y control sanitario en la ciudad de Juliaca.

### **1.1.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál es la calidad del agua del río Torococha, según la concentración de los parámetros físico-químicos evaluados en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román – Puno, 2025?

### **1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Cuál es la concentración de los parámetros físicos del río Torococha, en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román – Puno, 2025?
- ¿Cuál es la concentración de los parámetros químicos del río Torococha, en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román – Puno, 2025?

## **1.2. ANTECEDENTES**

### **1.2.1. INTERNACIONALES**

Escandón & Cáceres (2022), con la finalidad de evaluar la calidad del agua en la microcuenca del río San Francisco, en Ecuador, a través del análisis de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y la presencia de macroinvertebrados bentónicos. Para ello, se establecieron seis estaciones de monitoreo distribuidas a lo largo de la microcuenca y se realizaron cuatro campañas de muestreo, dos durante la temporada de

lluvias y dos en época seca. En cuanto a los macroinvertebrados bentónicos, se recolectaron un total de 2892 individuos, clasificados en 25 familias pertenecientes a 11 órdenes, destacando los del orden Ephemeroptera (61.9%), seguidos de Díptera (10.1%), Coleoptera (8.1%), Oligochaeta (6.5%) y Trichoptera (5.5%). Asimismo, se utilizaron los índices de diversidad Shannon-Weaver ( $H'$ ) y Simpson ( $D$ ), los cuales evidenciaron una diversidad media y baja dominancia. En cuanto a los índices bióticos aplicados, como ABI, ETP y BMWP/Col, los resultados reflejaron una calidad del agua calificada como regular, buena y nuevamente regular, respectivamente. Para complementar el análisis, se evaluaron parámetros como temperatura, pH, conductividad, oxígeno disuelto, turbidez, sólidos totales, nitrito, nitrato y hierro, cuyos valores se mantuvieron por debajo del límite máximo permisible establecido por el TULSMA. Por su parte, los niveles de dureza, alcalinidad, fosfato, coliformes totales y coliformes fecales se encontraron dentro de los rangos aceptables.

Zambrano (2023), desarrolló un estudio con el propósito de analizar las características físicas y químicas de las aguas del río Ronquillo influenciadas por factores externos, comparado con los estándares de calidad ambiental para consumo humano (ECA-1A). Concluyendo que las características físicas y químicas de las aguas del río Ronquillo las cuales fueron comparadas con los estándares de calidad ambiental para consumo humano (ECA-1A), con lo que se determinó que el agua del río Ronquillo posee valores químicos que están dentro de los límites permitidos para el consumo humano. No se encontró contaminantes antrópicos que modifiquen o afecten las características químicas y físicas de las aguas del río Ronquillo, pero sí se pudo identificar que las lluvias en la parte alta de la cuenca arrastran sedimentos y material que alteran los valores de algunos elementos como Manganeso (Mn), Sulfato ( $SO_4^{=}$ ) y Bicarbonatos al ser tomados en los meses donde no se tiene presencia de lluvias, si bien estos valores se ven alterados no sobrepasan el límite establecido por la norma ECA.

Vigil (2021), con el propósito de analizar si las características fisicoquímicas del agua del río Chonta, específicamente en el sector cinco de Los Baños del Inca, se corresponden

con su actual categorización de uso. Para ello, se definieron cuatro puntos de muestreo (PM-1, PM-2, PM-3 y PM-4), ubicados estratégicamente en áreas con influencia directa de descargas de aguas residuales domésticas e industriales, así como de actividades agrícolas y de abrevadero animal. En total, se recolectaron 36 muestras de agua, distribuidas en tres campañas de monitoreo durante la época de estiaje (junio, julio y agosto), con 12 muestras por campaña. En cada estación se analizaron 14 parámetros fisicoquímicos, cuyos valores, en su mayoría, se mantuvieron dentro de los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, categoría 3, según el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Sin embargo, se observó una excepción en el parámetro de pH, el cual presentó niveles superiores a los permitidos por la normativa, lo cual se atribuyó a los aportes de escorrentía provenientes de aguas pluviales urbanas, así como a las actividades ganaderas y agrícolas en la zona.

Cumbal & Ordoñez (2023), n con el objetivo de evaluar la calidad del agua en la microcuenca del río Sicalpa, ubicada en el cantón Colta, Ecuador, mediante el análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos. El estudio se desarrolló durante la estación seca, entre los meses de junio y septiembre, iniciando con un análisis geoespacial orientado a la caracterización morfométrica de la microcuenca. Para el muestreo, se seleccionaron 24 puntos estratégicos, georreferenciados con tecnología GPS. Las muestras recolectadas fueron enviadas al laboratorio de servicios ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), donde se analizaron variables como temperatura, pH, turbidez, sólidos disueltos totales (SDT), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), oxígeno disuelto (OD), fosfatos, nitratos y coliformes fecales. Los resultados revelaron que se trata de una microcuenca de pequeña extensión y relieve predominantemente plano, con zonas accidentadas en el páramo de Návag, cuyas corrientes presentan tiempos de drenaje prolongados. Se observaron diferencias marcadas en los parámetros analizados entre las zonas alta y baja de la microcuenca, reflejadas en los valores del Índice de Calidad del Agua (ICA), que oscilaron entre 67.90 y 68.42, lo que clasifica el agua como de calidad regular. Estas variaciones indican una

notable influencia de las actividades humanas en la degradación de la calidad hídrica en el área de estudio.

### 1.2.2. NACIONALES

Huarcaya & Toribio (2021), con la finalidad de determinar los parámetros fisicoquímicos de la calidad agua, en la sub cuenca del río Ichu. Los resultados fueron analizados con la estadística descriptiva con un nivel de significancia del 95%, mientras que para determinar la normalidad se determinó mediante el estadígrafo Shapiro - Wilk y para determinar la hipótesis se utilizó la prueba t-student, donde se evidencio que la concentración de los parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, cloruros y demanda bioquímica de oxígeno) determinados no supera el límite establecido por los estándares de calidad ambiental para aguas – categoría 3 (para riego y bebidas de animales). Por ende, concluimos que nivel de concentración de los parámetros fisicoquímicos determinados en nuestra investigación, no superan la concentración de los parámetros fisicoquímicos establecido en los estándares de calidad de agua-categoría 3 (riego de vegetales y bebidas de animales).

Muñoz & Ruiz (2020), con el propósito de verificar la calidad del agua del río Chinchipe en su trayecto por el centro poblado de Puerto Chinchipe. El estudio se estructuró considerando como punto de referencia un puente ubicado en la zona, estableciendo tres estaciones de muestreo: aguas arriba, debajo del puente y aguas abajo, con una separación de 500 metros entre cada una. Además de las mediciones in situ de temperatura y otros parámetros, las muestras recolectadas fueron enviadas al laboratorio de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza para su correspondiente análisis. Los resultados indicaron que algunos parámetros fisicoquímicos, como el color (entre 1087 y 1088 unidades), la demanda química de oxígeno (DQO: 80.18 mg/L), y la concentración de aceites y grasas (entre 40.32 y 40.35 mg/L), junto con el parámetro microbiológico (>1600 NMP/100 ml), excedieron los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para cuerpos de agua de categoría 3. No

obstante, los parámetros inorgánicos evaluados se encontraron dentro de los rangos permisibles según la normativa vigente.

Sias (2023), con el propósito de determinar la calidad de agua en dos tributarios del río Huallaga empleando el índice de Oregón, realizando el muestreo de los tramos de los ríos Tulumayo y Monzón que fluyen por la provincia de Leoncio Prado. En los resultados se determinó que, el potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, coliformes fecales y sólidos totales que aunque se encuentran dentro de los límites considerados por el DS N° 004-2017-MINAM clasificándolos como “Agua que puede ser potabilizada con desinfección - A1” y “contacto primario de aguas superficiales destinadas para recreación - B1”, de acuerdo al índice de Oregón el río Tulumayo y el río Monzón presentan una calidad de agua calificada como “muy pobre” en estas dos épocas del año.

Castro (2020), con el objetivo de evaluar la calidad del agua proveniente de un reservorio que constituye la principal fuente de abastecimiento para consumo humano en una determinada localidad. El análisis permitió identificar variaciones en la concentración de minerales, compuestos orgánicos, inorgánicos y sales disueltas a lo largo del tramo evaluado. Se detectó una mayor presencia de coliformes fecales en las muestras tomadas del reservorio (23 NMP/100 ml) y del punto de distribución domiciliaria (30 NMP/100 ml), en comparación con la captación, donde también se registró una concentración elevada (161 NMP/100 ml), superando los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). En general, la mayoría de los puntos de muestreo presentaron niveles altos de coliformes fecales y totales. Para este análisis se contemplaron diversos parámetros de tipo físico, químico y biológico. Los resultados obtenidos en la captación fueron contrastados con los ECA establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, mientras que los datos del reservorio y del punto de consumo domiciliar se compararon con los Límites Máximos Permisibles (LMP), según lo dispuesto en el Decreto Supremo N.º 031-2010-SA, correspondiente al reglamento de calidad del agua para consumo humano.

Chavez & Culqui (2023), con el objetivo de evaluar la calidad del agua proveniente del manantial que abastece a la población del sector Las Flores. Las muestras fueron analizadas por el Laboratorio Regional del Agua, donde se determinaron las concentraciones de parámetros físicos, químicos y biológicos. Estos resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (según el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM) y con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano (Decreto Supremo N.º 031-2010-SA). Las concentraciones obtenidas, tanto en época de lluvias como en estiaje, fueron: aluminio (0.023 a 0.031 mg/L), bario (0.009 mg/L), sodio (1.297 a 1.572 mg/L), conductividad eléctrica (23.6 a 25.1  $\mu\text{S/cm}$ ), oxígeno disuelto (6.2 a 6.6 mg  $\text{O}_2\text{/L}$ ), coliformes termotolerantes (1.1 a 1.8 NMP/100 ml), coliformes totales (1.1 a 5.5 NMP/100 ml), cloruros (0.416 a 0.908 mg/L), nitratos (3.159 a 3.784 mg/L) y sulfatos (2.432 a 3.571 mg/L), ubicándose todas dentro de los límites permitidos para la categoría 1 A1. No obstante, el pH presentó valores entre 5.26 y 5.72 en ambas estaciones, lo que corresponde a la categoría 1 A2. En general, se concluyó que la calidad del agua del manantial cumple con los estándares establecidos por la normativa vigente, considerándose apta para el consumo humano.

Juarez (2021), con el objetivo de determinar la calidad del agua del río Moquegua, evaluando parámetros físicos, químicos y microbiológicos como el pH, la conductividad eléctrica, el oxígeno disuelto, los sólidos disueltos totales (TDS) y la presencia de bacterias coliformes fecales. El estudio se centró en el tramo comprendido entre la zona denominada Chacra y la feria de La Olla, incluyendo también el sector del puente La Villa. En estos puntos se realizaron muestreos antes y después del recorrido del río, a fin de identificar posibles focos de contaminación. Los resultados de los análisis confirmaron la presencia de residuos sólidos vertidos directamente al cauce, lo que evidencia una afectación significativa a la calidad del agua. Además, se detectaron variaciones en el pH y la presencia de micro coliformes fuera de los Límites Máximos Permisibles (LMP), lo cual señala un deterioro asociado a fuentes contaminantes de origen comercial presentes

a lo largo del recorrido, desde Chacra hasta el mercado de La Olla. Dichos hallazgos fueron contrastados con los Estándares de Calidad Ambiental establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

Gutierrez (2023), con el propósito de evaluar la calidad del agua en las subcuencas Achamayo y Shullcas, mediante la aplicación del Índice Canadiense de Calidad del Agua (CCME-WQI). Los resultados revelaron que la subcuenca Shullcas alcanzó un valor de índice de calidad de agua (ICA) de 46.2, lo que la clasifica dentro de la categoría de calidad "marginal". Este resultado se atribuye a la elevada concentración de coliformes termotolerantes y de *Escherichia coli*. En contraste, la subcuenca Achamayo obtuvo un ICA de 67.8, correspondiente a una calidad de agua "regular". En base a estos hallazgos, se concluye que la subcuenca Shullcas presenta un mayor grado de deterioro, principalmente debido a los vertimientos municipales. Ante esta situación, se recomienda la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, empleando tecnologías como lodos activados o lagunas de estabilización, con el fin de mitigar la contaminación y mejorar la calidad del recurso hídrico.

Ñahui (2023), con el objetivo de evaluar la calidad del agua destinada al consumo humano en los centros poblados de Yauli, ubicados en la región Huancavelica, mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados indicaron que, en términos generales, los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se encontraron en condiciones aceptables para el consumo humano. No obstante, en algunas localidades se identificaron ligeras alteraciones en los valores microbiológicos. En Yauli, por ejemplo, los coliformes totales alcanzaron una concentración de 55 NMP/100 ml, superando el límite máximo permisible de 50 NMP/100 ml, mientras que los coliformes fecales llegaron exactamente al límite permitido de 30 NMP/100 ml. En cuanto a *Escherichia coli*, los niveles se mantuvieron dentro de los valores establecidos por la normativa. En el centro poblado de Torreccacca, los parámetros fisicoquímicos también cumplieron con los estándares para consumo humano; sin embargo, los coliformes totales alcanzaron los 60 NMP/100 ml (límite: 50) y los coliformes fecales llegaron a 25 NMP/100 ml, excediendo el

límite de 20. A pesar de ello, *E. coli* permaneció dentro de los rangos permitidos. Finalmente, en el centro poblado de Choca, tanto los parámetros fisicoquímicos como microbiológicos se mantuvieron dentro de los límites establecidos por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, considerándose el agua como apta para el consumo humano. Cabanillas (2022), con la finalidad de analizar la evolución de los parámetros ambientales del agua superficial del río Nanay. Los resultados obtenidos en el análisis fisicoquímico mostraron que las concentraciones de aceites y grasas, nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) y compuestos hidrocarburoados se mantuvieron por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos para cuerpos de agua de la categoría 4 E2: ríos de la selva, según lo dispuesto en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. No obstante, en el caso del parámetro "color", los valores excedieron el límite normativo de 20 unidades de color verdadero (escala Pt/Co). En cuanto a los parámetros microbiológicos, se evidenció que la concentración de *Escherichia coli* superó el límite máximo permitido de 2000 NMP/100 ml para esta categoría, lo cual refleja un riesgo potencial para la calidad del agua. Respecto al análisis de metales totales, los niveles de arsénico y mercurio estuvieron dentro de los límites permitidos; sin embargo, el plomo presentó una ligera superación del valor máximo establecido por la normativa, que es de 0.0025 mg/L, indicando una afectación puntual en la calidad del recurso hídrico.

### 1.2.3. LOCALES

Espinoza (2023), se llevó a cabo un estudio con el objetivo de determinar los parámetros físicos y químicos del agua superficial del río Coata, específicamente en la zona baja del distrito de Coata, a la altura del Puente Independencia, durante el año 2022. Los resultados obtenidos indicaron que los valores registrados para los parámetros físicos fueron: temperatura de 12.9 °C, conductividad eléctrica (CE) entre 393 y 460  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sólidos disueltos totales (SDT) entre 117.40 y 229 mg/L, turbidez entre 0.90 y 7.56 NTU, pH entre 8.11 y 8.27 unidades, cloruros entre 307.90 y 319.90 mg/L, y sulfatos entre 215.60 y 253 mg/L. Al comparar estos valores con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para cuerpos de agua, se concluyó que tanto la conductividad eléctrica como el pH

se mantuvieron dentro de los límites permitidos; sin embargo, el resto de los parámetros analizados superaron los valores establecidos por la normativa. Esta situación representa una afectación directa y negativa a la calidad del agua en la zona de influencia, con impacto potencial en la desembocadura del lago Titicaca.

Espinoza (2022), se desarrolló una investigación con el objetivo de evaluar la calidad del agua en la parte alta de la subcuenca del río Llallimayo, ubicada en la provincia de Melgar, región Puno, Perú. El estudio se realizó entre octubre de 2020 y mayo de 2021, abarcando tanto la temporada de avenidas como la de estiaje. Para el análisis se seleccionaron dos puntos estratégicos, aguas arriba y aguas abajo del río Chacapalca, donde se efectuaron mediciones “in situ” y se recolectaron muestras para su posterior análisis en laboratorio mediante el método EPA por espectroscopía de absorción atómica. Se evaluaron parámetros fisicoquímicos, inorgánicos y microbiológicos, tales como pH, temperatura, conductividad eléctrica (CE), metales pesados totales—incluyendo aluminio (Al), arsénico (As), cadmio (Cd), cobre (Cu), manganeso (Mn), mercurio (Hg), plomo (Pb)— y coliformes termotolerantes. Los resultados revelaron variaciones significativas en las correlaciones entre los puntos de muestreo, siendo especialmente relevantes en el caso de los parámetros inorgánicos. Se concluyó que la descarga de efluentes provenientes de actividad minera representa una fuente importante de contaminación, generando concentraciones que superan los límites permisibles establecidos para elementos como Al, As, Cu, Fe, Mn y Zn, lo que compromete la calidad del agua para uso y consumo humano.

Quispe (2024), se llevó a cabo un estudio con el propósito de evaluar la calidad de las aguas superficiales del río Coata, ubicado en la provincia de San Román, región Puno, durante el año 2024, a partir del análisis de parámetros fisicoquímicos y metales pesados. Los resultados obtenidos mostraron que los valores de turbidez fueron de 24.95 UNT en el punto M1 y 24.86 UNT en M2; la conductividad eléctrica alcanzó 185.90  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en M1 y 174.40  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en M2; la temperatura fue de 17.10 °C y 17.50 °C respectivamente; los sólidos disueltos totales fueron de 93.20 mg/L (M1) y 87.10 mg/L (M2); el pH se situó en

7.35 y 8.31; mientras que el oxígeno disuelto fue superior a 6 mg/L en ambas estaciones. Todos estos valores se encontraron dentro de los Límites Máximos Permisibles según la normativa ambiental vigente. No obstante, se identificaron concentraciones que excedieron los valores establecidos para la demanda química de oxígeno (DQO: 110.20 mg/L en M1 y 94.10 mg/L en M2), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO: 44.08 mg/L en M1 y 64.00 mg/L en M2), nitratos (11.9 mg/L en M1 y 36.3 mg/L en M2), nitritos (1.07 mg/L en M1 y 1.04 mg/L en M2) y nitrógeno amoniacal (22.90 mg/L en M1 y 3.20 mg/L en M2). En conclusión, se determinó que la calidad de las aguas superficiales del río Coata no cumple con los estándares establecidos por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

Ortega (2022), realizó un estudio con el objetivo de determinar la calidad del agua del río Coata, empleando el método ICARHS (Índice de Calidad Ambiental de los Recursos Hídricos Superficiales) en la ciudad de Juliaca durante el año 2022. Los resultados obtenidos indicaron que, en la mayoría de los puntos evaluados, el río obtuvo una calificación de “bueno”, lo que sugiere que la calidad del agua se desvía ocasionalmente de las condiciones ideales, presentando impactos de baja magnitud. No obstante, en el punto de muestreo 3 se registró una calificación de “regular”, lo que implica que la calidad del agua se aleja con mayor frecuencia de las condiciones deseables, requiriendo tratamiento. Se concluyó que durante el primer período de evaluación, en los puntos 1, 2 y 3, se observaron excedencias en los valores de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y oxígeno disuelto (OD), superando los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental del Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. En el segundo período, se identificó un exceso de oxígeno disuelto en los puntos 1 y 2, mientras que en el punto 3 persistieron los valores elevados de DBO y DQO.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Analizar la calidad del agua del río Torococha según la concentración de los parámetros físico-químicos en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román – Puno, 2025.

#### **1.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS**

- Determinar la concentración de los parámetros físicos en el río Torococha, en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román – Puno, 2025.
- Determinar la concentración de los parámetros químicos en el río Torococha, en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román – Puno, 2025

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

##### 2.1.1. CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua se define como el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que determinan su aptitud para un uso específico, ya sea para consumo humano, recreación, riego agrícola, actividades industriales o preservación del ecosistema acuático. Estas características son evaluadas mediante parámetros medibles que permiten establecer si el agua cumple con los estándares establecidos por normativas nacionales o internacionales. En Perú, el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM establece los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, que indican los límites máximos permisibles de sustancias y condiciones en cuerpos naturales de agua superficial (Sáez et al., 2022).

La calidad del agua no es una propiedad intrínseca y estática, sino una condición dinámica que puede variar en función del uso del recurso, del entorno geográfico y del grado de intervención humana en la cuenca. Por ello, se considera un indicador clave de la salud ambiental de un ecosistema. La evaluación de la calidad del agua incluye parámetros como el pH, la conductividad, la turbidez, los sólidos totales disueltos, así como indicadores químicos como la DBO5, DQO, presencia de nutrientes (fosfatos, nitratos) y metales pesados. Su análisis sistemático permite identificar contaminaciones puntuales o difusas, así como establecer tendencias temporales que faciliten la gestión sostenible del recurso hídrico (Larrea et al., 2022).

### **2.1.2. IMPORTANCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA**

La calidad del agua es esencial para garantizar la salud pública, el equilibrio ecológico y el desarrollo sostenible de las actividades humanas. El agua que no cumple con los estándares mínimos de calidad puede ser un vector de enfermedades infecciosas, causar toxicidad crónica por exposición a metales pesados o generar impactos económicos negativos en sectores como la agricultura, el turismo o la pesca. Por tanto, evaluar y asegurar la calidad del agua es una prioridad en cualquier política de gestión ambiental responsable (Guajardo et al., 2021).

Desde una perspectiva ecosistémica, el agua de buena calidad mantiene las funciones biológicas de los ríos y lagos, asegura la diversidad de especies acuáticas y favorece la resiliencia del sistema ante eventos como sequías, inundaciones o contaminación accidental. En contextos urbanos, donde el crecimiento poblacional y la falta de infraestructura de tratamiento agravan los niveles de contaminación, la vigilancia de la calidad del agua cobra aún mayor relevancia, no solo para prevenir riesgos sanitarios, sino también para promover conciencia ciudadana y políticas públicas integradas (Intriago & Quiroz, 2021).

### **2.1.3. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL AGUA**

Diversos factores pueden afectar la calidad del agua superficial, entre ellos destacan las actividades domésticas (vertimiento de aguas residuales sin tratamiento), industriales (descarga de efluentes contaminantes), agrícolas (uso excesivo de fertilizantes y pesticidas), y mineras (liberación de metales pesados). Asimismo, factores naturales como la geología de la cuenca, el régimen de lluvias y el cambio climático también inciden en los niveles de concentración de los parámetros evaluados (Arce et al., 2022).

La calidad del agua también se ve influida por el nivel de educación ambiental de la población, la cobertura de servicios básicos, el estado de las infraestructuras hidráulicas y la eficacia de la fiscalización por parte de las autoridades competentes. En zonas urbanas con crecimiento no planificado, como Juliaca, el vertido indiscriminado de residuos y la

ocupación de fajas marginales agravan significativamente la situación (Menone et al., 2021).

#### **2.1.4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SEGÚN NORMATIVAS**

La calidad del agua en el Perú se evalúa conforme a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, aprobados mediante el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Estos estándares definen valores máximos permisibles para diferentes parámetros fisicoquímicos y biológicos, dependiendo del uso del recurso (consumo humano, riego, recreación, conservación de flora y fauna, entre otros). El cumplimiento de estos valores permite clasificar un cuerpo de agua como apto o no apto para determinado uso (Decreto Supremo N.º 004, 2017).

La comparación entre los resultados obtenidos en laboratorio y los valores del ECA permite determinar el grado de contaminación de un cuerpo hídrico y tomar decisiones informadas respecto a su tratamiento, recuperación o uso restrictivo. Esta normativa es una herramienta clave en la gestión integrada de los recursos hídricos y en la protección de la salud pública y el ambiente (Decreto Supremo N.º 004, 2017).

#### **2.1.5. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA**

Los parámetros fisicoquímicos del agua son indicadores medibles que permiten evaluar su estado y calidad ambiental, a través del análisis de sus características físicas y químicas. Estos parámetros se utilizan para identificar alteraciones en el recurso hídrico causadas por agentes contaminantes, ya sean de origen natural o antrópico. Su monitoreo es esencial para conocer si un cuerpo de agua es apto para consumo humano, riego, recreación, protección de vida acuática u otros usos definidos por la legislación ambiental (Jimenez, 2023).

El análisis fisicoquímico constituye una herramienta fundamental en estudios de diagnóstico ambiental, ya que proporciona datos cuantitativos sobre la presencia de compuestos o condiciones que afectan la salud pública y el equilibrio de los ecosistemas acuáticos. En el Perú, estos parámetros se evalúan con base en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, establecidos por el Decreto Supremo N.º

004-2017-MINAM, que define los límites máximos permisibles para cada parámetro según el tipo de uso del agua (Decreto Supremo N° 004, 2017).

#### 2.1.5.1. Parámetros físicos del agua

Los parámetros físicos del agua son aquellos que se relacionan con sus propiedades físicas detectables directamente, como el color, el olor, la temperatura, la turbidez o la conductividad. Aunque no siempre representan un riesgo directo para la salud, son indicadores importantes de la presencia de contaminantes, del estado del ecosistema y de la actividad humana en la cuenca (CEPAL, 2022).

- **Temperatura (°C):** La temperatura influye directamente en la solubilidad del oxígeno, la velocidad de reacción química, el metabolismo de los organismos acuáticos y la toxicidad de algunas sustancias. Un aumento en la temperatura del agua puede reducir la cantidad de oxígeno disuelto, favoreciendo procesos de eutrofización y mortandad de especies sensibles (Aconsa, 2021).
- **pH (Potencial de Hidrógeno):** Mide la concentración de iones hidrógeno en el agua y determina si esta es ácida, neutra o alcalina. El pH ideal para la vida acuática se encuentra entre 6.5 y 8.5. Valores fuera de este rango pueden afectar la solubilidad de metales pesados, la integridad de tejidos celulares de organismos vivos y el equilibrio general del ecosistema (Aconsa, 2021).
- **Turbidez (NTU):** Representa la presencia de partículas suspendidas en el agua que reducen su transparencia. Estas partículas pueden ser sedimentos, materia orgánica, algas o contaminantes industriales. Alta turbidez afecta la fotosíntesis acuática, el transporte de luz y puede albergar microorganismos patógenos adheridos a las partículas sólidas (Autoridad Nacional del Agua, 2020).
- **Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ):** Este parámetro representa la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, la cual está directamente relacionada con la cantidad de iones disueltos presentes, como sales minerales, cloruros y nitratos. Valores elevados de conductividad eléctrica pueden ser indicativos de una alta carga

iónica, asociada a posibles fuentes de contaminación de origen urbano, agrícola o industrial (Autoridad Nacional del Agua, 2020).

- **Sólidos totales disueltos (STD o TDS):** Corresponden a la concentración total de sales inorgánicas y trazas de compuestos orgánicos disueltos en el agua. Niveles elevados de STD pueden modificar el sabor del agua, generar inconvenientes en aplicaciones agrícolas como el riego, y afectar el equilibrio osmótico de los organismos acuáticos, comprometiendo su supervivencia y desarrollo (Costa, 2021).

#### 2.1.5.2. Parámetros químicos del agua

Los parámetros químicos del agua permiten identificar la presencia de compuestos específicos que, en determinadas concentraciones, pueden representar un riesgo para el ambiente o la salud humana. Estos incluyen nutrientes, compuestos orgánicos e inorgánicos, así como sustancias que demandan oxígeno para degradar (CEPAL, 2022).

- **Oxígeno disuelto (OD):** Es uno de los indicadores más importantes de calidad del agua. Representa la cantidad de oxígeno disponible para los organismos acuáticos. Niveles bajos (<5 mg/L) pueden causar estrés en peces y macroinvertebrados, mientras que niveles críticos pueden provocar su muerte (Autoridad Nacional del Agua, 2020).
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5):** Representa la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos aeróbicos para degradar la materia orgánica biodegradable presente en el agua, durante un período estándar de cinco días. Valores altos de DBO indican una carga significativa de contaminación orgánica, comúnmente asociada a vertimientos de aguas residuales domésticas o efluentes industriales (Aconsa, 2021).
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Evalúa la cantidad total de oxígeno requerida para oxidar tanto la materia orgánica biodegradable como la no biodegradable contenida en una muestra de agua. Este parámetro es fundamental para estimar la carga orgánica global y sirve como indicador de la eficiencia de los procesos de tratamiento de aguas residuales (Aconsa, 2021).

- **Fósforo total (PT):** Nutriente esencial en pequeñas cantidades, pero en exceso puede causar eutrofización. El fósforo suele provenir de detergentes, aguas negras o escorrentía agrícola y estimula el crecimiento desmedido de algas (Costa, 2021).
- **Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ):** Incluye diversas formas como nitrato, nitrito y nitrógeno amoniacal. Estos compuestos provienen de excretas humanas y animales, fertilizantes y desechos industriales. En altas concentraciones, afectan la vida acuática y, en el caso del nitrato, pueden ser peligrosos para el consumo humano (metahemoglobinemia en bebés) (Costa, 2021).
- **Cloruros (Cl):** En niveles moderados son normales, pero concentraciones elevadas pueden indicar contaminación por aguas residuales, lixiviados o infiltraciones industriales. Altos niveles afectan el sabor del agua y la flora acuática (Aconsa, 2021).

#### 2.1.6. IMPORTANCIA DE EVALUAR PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

Evaluar los parámetros fisicoquímicos del agua permite diagnosticar el estado de un cuerpo hídrico y establecer si cumple con los estándares requeridos para sus usos definidos. Además, permite identificar fuentes de contaminación puntuales y difusas, diseñar planes de recuperación ambiental, orientar políticas de gestión hídrica y priorizar zonas para intervención (Osorio et al., 2021).

#### 2.2. MARCO CONCEPTUAL

- **Agua:** Sustancia vital compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno ( $\text{H}_2\text{O}$ ), esencial para todos los procesos biológicos, ecológicos y socioeconómicos. Su disponibilidad y calidad son fundamentales para la salud humana, la biodiversidad y el desarrollo sostenible (Fernández & Guardado, 2021).
- **Aguas superficiales:** Cuerpos de agua que se encuentran sobre la superficie terrestre, como ríos, lagos, lagunas y embalses. Son una de las principales fuentes de abastecimiento para consumo humano, agrícola e industrial, y están altamente expuestas a la contaminación (Osorio et al., 2021).

- **Calidad del agua:** Conjunto de características físicas, químicas y biológicas que determinan la aptitud del agua para un uso específico. Se evalúa mediante indicadores o parámetros que permiten identificar el grado de contaminación o pureza del recurso hídrico (Puente et al., 2023).
- **Cloruros (Cl<sup>-</sup>):** Iones presentes naturalmente en el agua, pero cuyo exceso puede indicar contaminación por aguas residuales, actividades industriales o intrusión salina. Son importantes para evaluar la salinidad del agua y su impacto en el consumo o el ambiente (CEPAL, 2022).
- **Conductividad eléctrica (µS/cm):** Capacidad del agua para conducir electricidad, relacionada con la concentración de sales disueltas. Es un indicador indirecto de la presencia de contaminantes iónicos y de la salinidad del agua (Aconsa, 2021).
- **Cumplimiento de los ECA:** Condición en la cual los parámetros del agua se mantienen dentro de los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), definidos por normativa nacional para proteger la salud humana y los ecosistemas acuáticos (Decreto Supremo N° 004, 2017).
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** Es la cantidad de oxígeno disuelto que los microorganismos aeróbicos necesitan para descomponer la materia orgánica biodegradable contenida en una muestra de agua. Constituye un parámetro clave para evaluar el nivel de contaminación orgánica y permite estimar el impacto ambiental generado por descargas de aguas residuales domésticas o industriales (Aconsa, 2021).
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Representa la cantidad de oxígeno requerida para oxidar químicamente la materia orgánica e inorgánica presente en una muestra de agua. Este parámetro se emplea para estimar la carga total de contaminantes y es fundamental en la evaluación de la calidad del agua y la eficiencia de procesos de tratamiento (CEPAL, 2022).
- **Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del agua:** Límites máximos permitidos de concentración de contaminantes en cuerpos de agua, establecidos por normativas

nacionales (como el D.S. N.º 004-2017-MINAM en Perú) para proteger el ambiente y la salud humana (Decreto Supremo N° 004, 2017).

- **Fósforo Total (PT):** Suma de todas las formas de fósforo presentes en el agua, incluyendo fosfatos orgánicos e inorgánicos. Su exceso puede provocar eutrofización, afectando la biodiversidad y la calidad del agua (Autoridad Nacional del Agua, 2020).
- **Incumplimiento de los ECA:** Situación en la que uno o más parámetros del agua superan los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental, lo cual puede representar un riesgo para el ambiente o la salud pública (Decreto Supremo N° 004, 2017).
- **Nitrito (NO<sub>2</sub>), Nitrato (NO<sub>3</sub>) y Nitrógeno Amoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N):** Formas de nitrógeno presentes en el agua como resultado de procesos naturales o contaminantes. Altas concentraciones pueden indicar contaminación por fertilizantes, aguas residuales o procesos de descomposición (Autoridad Nacional del Agua, 2020).
- **Oxígeno Disuelto (OD):** Cantidad de oxígeno libre presente en el agua, esencial para la vida acuática. Niveles bajos pueden ser indicativos de contaminación orgánica y degradación del ecosistema (Autoridad Nacional del Agua, 2020).
- **Parámetros fisicoquímicos del agua:** Conjunto de variables físicas y químicas que permiten evaluar la calidad del agua, tales como pH, temperatura, conductividad, turbidez, DBO, DQO, entre otros (Autoridad Nacional del Agua, 2020).
- **Parámetros físicos del agua:** Características observables y medibles del agua como la temperatura, turbidez, color, olor y sólidos suspendidos. Son fundamentales para el monitoreo de la calidad del recurso (Autoridad Nacional del Agua, 2020).
- **Parámetros químicos del agua:** Sustancias disueltas en el agua que pueden ser naturales o producto de contaminación, como nutrientes, metales pesados, sales, compuestos orgánicos e inorgánicos (Rodríguez et al., 2022).
- **Potencial de Hidrógeno (pH):** Medida de la acidez o alcalinidad del agua, en una escala de 0 a 14. El pH óptimo para la mayoría de los organismos acuáticos se

encuentra entre 6.5 y 8.5. Valores extremos pueden afectar la vida y la solubilidad de otros contaminantes (Costa, 2021).

- **Ríos:** Corrientes naturales de agua que fluyen de forma continua por un cauce definido. Son ecosistemas dinámicos esenciales para la biodiversidad y el abastecimiento humano, pero también vulnerables a la contaminación (Lupi et al., 2022).
- **Sólidos Totales Disueltos (STD):** Cantidad total de sustancias orgánicas e inorgánicas disueltas en el agua. Su concentración elevada puede afectar el sabor del agua, su potabilidad y su uso agrícola o industrial (Autoridad Nacional del Agua, 2020).
- **Temperatura (°C):** Medida del grado de calor del agua. Influye en la solubilidad del oxígeno, la actividad biológica y las reacciones químicas en los cuerpos de agua (Costa, 2021).
- **Turbidez (UNT):** Grado de opacidad del agua causado por partículas suspendidas como arcilla, materia orgánica y microorganismos. Es un indicador visual de contaminación y puede afectar el tratamiento del agua potable (Costa, 2021).

### 2.3. MARCO NORMATIVO

- Constitución Política del Perú (1993):** Establece en su artículo 2, inciso 22, el derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida. Asimismo, en su artículo 66 reconoce que los recursos naturales, incluido el agua, son patrimonio de la Nación, y su aprovechamiento debe realizarse de forma sostenible y racional, bajo regulación del Estado.
- Ley N.º 29338 – Ley de Recursos Hídricos:** Esta ley reconoce al agua como bien de dominio público, esencial para la vida y el desarrollo, promoviendo su gestión integrada, descentralizada y participativa. Esta ley asigna a la Autoridad Nacional del Agua (ANA) la función de velar por la cantidad y calidad del recurso hídrico en el país, así como la obligación de monitorear y regular las descargas que puedan afectar los cuerpos de agua superficial o subterránea.

- c. **Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM:** Aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, constituye el instrumento técnico clave para estudios de evaluación de calidad. Esta norma establece los valores máximos permisibles para diferentes parámetros físicos, químicos y biológicos del agua, diferenciados según el uso designado del recurso (como consumo humano, riego, recreación o conservación de la vida acuática). Los resultados obtenidos en la presente investigación serán contrastados con estos valores normativos, permitiendo determinar el nivel de cumplimiento o incumplimiento de los estándares nacionales.
- d. **Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA:** Aprueba el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales, establece los procedimientos técnicos estandarizados para el muestreo de agua en ríos, lagunas y otros cuerpos hídricos. Este protocolo será la base metodológica para la recolección, preservación y transporte de las muestras en campo, garantizando que los datos obtenidos sean válidos, comparables y técnicamente confiables.
- e. **Ley N.º 28611 – Ley General del Ambiente:** Refuerza el principio de prevención y señala la responsabilidad del Estado y la ciudadanía en la protección del agua y demás componentes ambientales. Esta norma exige que las actividades humanas se desarrollen dentro de los límites de sostenibilidad y prioriza la calidad del agua como condición indispensable para la salud pública y la preservación de los ecosistemas.
- f. **Ley N.º 27446 – Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA):** Está ley está enfocada principalmente en proyectos de inversión, y establece lineamientos técnicos sobre cómo se debe generar información ambiental confiable, utilizando instrumentos científicos como los que se aplicarán en este estudio. Esta ley refuerza la necesidad de contar con datos analíticos previos para tomar decisiones ambientales responsables.

## **2.3. HIPÓTESIS**

### **2.3.1. HIPÓTESIS GENERAL**

La calidad del agua del río Torococha, de acuerdo con la concentración de los parámetros físico-químicos evaluados, no se encuentra dentro de los valores establecidos por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

### **2.3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- La concentración de los parámetros físicos presentes en el río Torococha, en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román – Puno, excede los valores establecidos por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.
- La concentración de los parámetros químicos presentes en el río Torococha, en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román – Puno, excede los valores establecidos por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

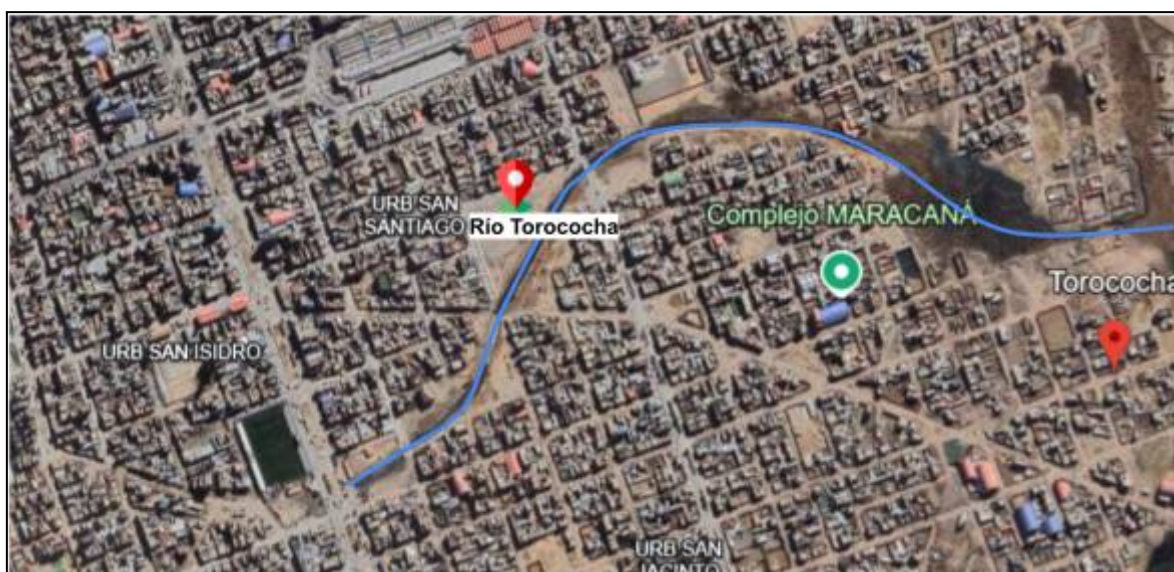
En la presente investigación, la zona de estudio corresponde al río Torococha, ubicado en la ciudad de Juliaca, capital de la provincia de San Román, en el departamento de Puno. Este cuerpo de agua ha sido identificado como uno de los más contaminados de la región debido a la descarga directa de aguas residuales domésticas, residuos sólidos, industriales y hospitalarios, sin tratamiento previo. La situación se agrava con la presencia de viviendas construidas en la faja marginal del río, que afectan su cauce natural, provocan estancamientos e incrementan los riesgos de desbordes e inundaciones en temporada de lluvias.

La población de Juliaca, especialmente en zonas aledañas al río Torococha, se encuentra expuesta a problemas sanitarios derivados de la contaminación del agua, como enfermedades gastrointestinales, dérmicas y respiratorias. A pesar de que se han realizado algunas acciones de limpieza y recolección de residuos, estas han sido insuficientes y no se ha implementado un sistema integral de tratamiento y control. Esta problemática justifica la necesidad de evaluar la calidad del agua del río Torococha mediante parámetros físico-químicos, a fin de generar evidencia técnica que sirva de base para decisiones de gestión ambiental.



**Figura 01:** Ubicación del lugar de investigación – Juliaca, Puno – Perú.

Fuente: Google Earth



**Figura 02:** Ubicación del río Torococha, ubicado en la ciudad de Juliaca

Fuente: Google Earth.

## 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

### 3.2.1. POBLACIÓN

Se puede describir como una agrupación de elementos que se encuentran interrelacionados, los cuales pueden ser tanto objetos físicos como seres individuales, que están asociados entre sí a través de múltiples formas y relaciones. Tal como lo

señala Hernández et al. (2014), también puede definirse como la cantidad de elementos que representan un estudio y que puede ser finita o infinita. En este contexto, para el presente análisis, la población de interés está constituida por el cuerpo de agua superficial del río **Torococha**, en sus diferentes tramos dentro de la ciudad de Juliaca.

**Río Torococha:** El río Torococha se encuentra en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román, región Puno. Es un cuerpo de agua altamente afectado por la contaminación urbana, ya que a lo largo de su recorrido recibe vertimientos directos de aguas residuales domésticas, residuos industriales, hospitalarios y sólidos urbanos. Aunque no posee una gran extensión como otros ríos de la región, el Torococha atraviesa zonas densamente pobladas, convirtiéndose en un punto crítico de estudio ambiental. Por lo tanto, la población estará conformada por el total del cauce del río dentro de la ciudad, delimitado para fines del estudio técnico.

### **3.2.2. MUESTRA**

En el presente estudio, se seleccionarán cuatro puntos estratégicos de muestreo distribuidos a lo largo del cauce del río Torococha, en su recorrido por el área urbana de Juliaca. Estos puntos estarán ubicados en tramos representativos de la dinámica del río, considerando zonas con influencia de actividades domésticas, comerciales e industriales. La distancia aproximada entre cada estación será de 400 a 500 metros, lo cual permitirá identificar variaciones espaciales en la concentración de parámetros físico-químicos y evaluar con mayor detalle el grado de deterioro progresivo de la calidad del agua. Esta ampliación en el número de muestras fortalece el análisis comparativo e incrementa la precisión de los resultados frente a los Estándares de Calidad Ambiental (D.S. N.º 004-2017-MINAM).

**Tabla 01:** Ubicación de las estaciones de muestreo en el río Torococha, Juliaca

Muestra	Coordenadas geográficas		Torococha (msnm)	Ubicación
	Latitud	Longitud		
Muestra 1	-15.491363	-70.117368	3835	Río Torococha - Juliaca
Muestra 2	-15.493000	-70.118900	3835	Río Torococha - Juliaca
Muestra 3	-15.495126	-70.120223	3835	Río Torococha - Juliaca
Muestra 4	-15.497000	-70.122000	3835	Río Torococha - Juliaca



**Figura 03:** Ubicación de los dos puntos de muestreo en el río Torococha en la ciudad de Juliaca.

Fuente: Google Earth.

### 3.3. MÉTODOS Y MATERIALES

#### 3.3.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación adopta un enfoque cuantitativo, ya que se fundamenta en la recolección de datos numéricos para ser analizados de forma objetiva y sistemática. Este enfoque permite cuantificar las concentraciones de parámetros físico-químicos del agua del río Torococha, y mediante este análisis estadístico, se pueden establecer relaciones, verificar hipótesis y obtener conclusiones basadas en evidencia concreta. La aplicación de este método facilita una comprensión precisa de la situación ambiental actual del río en estudio.

Asimismo, el enfoque cuantitativo se caracteriza por emplear técnicas de medición rigurosas, recolección estructurada de información y procesamiento estadístico, lo cual garantiza la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos. Esta metodología es

adecuada para responder preguntas de investigación concretas y contrastar los datos obtenidos con los valores establecidos en las normativas ambientales vigentes.

### **3.3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación es descriptivo–explicativo, ya que no sólo busca describir la calidad actual del agua del río Torococha a través de sus parámetros físico-químicos, sino también explicar las posibles causas de su deterioro ambiental. Este tipo de estudio permite identificar los niveles de concentración de los contaminantes y brindar una interpretación del grado de afectación en función de los estándares establecidos por el Decreto Supremo N.° 004-2017-MINAM.

El carácter explicativo del estudio permite además interpretar la influencia de diversos factores antrópicos en la alteración de la calidad del agua, contribuyendo a generar propuestas de intervención y mitigación con base científica.

### **3.3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Se aplicará un diseño no experimental de tipo transversal, el cual se caracteriza por observar las variables tal como se presentan en un momento determinado, sin manipularlas ni intervenir en su entorno. Este diseño resulta pertinente, ya que se pretende evaluar el estado de la calidad del agua del río Torococha, permitiendo un análisis puntual y objetivo de las condiciones actuales del recurso hídrico.

A través de este diseño, se obtendrán datos en un solo período de tiempo, lo que posibilitará medir y comparar los valores de los parámetros físicos y químicos del agua con los estándares normativos. Esta estrategia metodológica resulta adecuada para establecer el nivel de deterioro y formular conclusiones basadas en evidencia verificable.

### **3.3.4. DISEÑO ESTADÍSTICO**

Para examinar los datos a fondo, se debe utilizar un método exhaustivo de estadística descriptiva que reconozca todas las posibles diferencias entre los puntos analizados. Se sugiere emplear un diseño experimental de bloque aleatorio completo, considerando tanto los lugares como los tiempos de muestreo como factores independientes en un modelo

lineal. Se calcularán los parámetros fisicoquímicos y metales pesados con datos de la media poblacional, y se determinará la diferencia empleando Microsoft Excel.

### 3.4. DISEÑO METODOLÓGICO POR OBJETIVO ESPECÍFICO

#### 3.4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 01

Determinar la concentración de los parámetros físicos en las aguas superficiales del río Torococha, en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román – Puno, 2025.

**Técnica de muestreo y referencia normativa:** La recolección de muestras se efectuó siguiendo el “Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales” establecido en la Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA. Este protocolo es fundamental para asegurar que el procedimiento cumpla con los criterios de representatividad, limpieza, seguridad y conservación de las muestras. Se considerará una estrategia de muestreo puntual en tres tramos representativos del río Torococha: aguas arriba, zona intermedia y aguas abajo.

**Materiales y equipos utilizados:** Los siguientes materiales fueron utilizados para la recolección de muestras físicas de agua, garantizando condiciones óptimas para su análisis posterior:

**Tabla 02:** Materiales utilizados.

Descripción	Cantidad
Botellas de vidrio.	02
Libreta de campo.	01
Cámara fotográfica.	01
Computadora personal (Laptop)	01
Alcohol	01
Otros (EPPS)	01

### **Procedimiento para la toma de muestras físicas:**

- **Paso 1:** Se tomó el recipiente con precaución, retirando la tapa sin tocar la parte interna del frasco.
- **Paso 2:** Los frascos se enjuagaron tres veces con agua del mismo punto de muestreo para evitar contaminación por sustancias residuales.
- **Paso 3:** El frasco se sostuvo por la base del cuello y se introducirá en sentido opuesto al flujo del agua. Es importante que no se llegue hasta el borde del frasco para evitar recoger partículas o sedimentos del fondo.
- **Paso 4:** Se evitó el contacto del recipiente con las paredes del cauce o con otros materiales sólidos.
- **Paso 5:** Se tomó nota de las condiciones ambientales del lugar, incluyendo temperatura ambiental, hora, coordenadas y características visuales del agua.
- **Paso 6:** Una vez cerrados, los frascos se almacenarán en un enfriador portátil a una temperatura aproximada de 4 °C, sin congelarse, hasta su envío al laboratorio.

**Parámetros físicos a evaluar:** En esta etapa, se analizaron los siguientes parámetros físicos en el laboratorio especializado:

- Temperatura
- pH
- Conductividad eléctrica
- Sólidos suspendidos totales (SST)
- Turbidez

**Destino final de las muestras:** Las muestras correctamente recolectadas, conservadas y etiquetadas serán enviadas al Laboratorio de Aguas correspondiente para su análisis físico, conforme a los lineamientos del Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM, garantizando el cumplimiento con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para cuerpos naturales de agua superficial.

### 3.4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 02

Determinar la concentración de los parámetros químicos en las aguas superficiales del río Torococha, en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román – Puno, 2025.

**Técnica de muestreo y referencia normativa:** La recolección de muestras para el análisis químico del agua del río Torococha se realizará conforme al “Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales” (Resolución Jefatural N.º 010-2016-ANA). Este protocolo proporciona lineamientos técnicos para garantizar la representatividad, integridad y conservación de las muestras. Las tomas se efectuarán en tres puntos representativos del cauce: aguas arriba, tramo intermedio y aguas abajo, abarcando zonas con diferente nivel de exposición a fuentes contaminantes urbanas e industriales.

**Materiales y equipos utilizados:** Los siguientes materiales serán empleados exclusivamente para la recolección y conservación de muestras químicas:

**Tabla 03:** Equipos utilizados.

Descripción	Cantidad
Frascos de boca ancha para análisis de DBO	2
Hielera portátil con acumuladores de frío	1
Etiquetas impermeables para identificación	1
Conservantes químicos (según parámetro)	1
Libreta de campo técnica	1
Termómetro digital (verificación de cadena fría)	1
EPPS (guantes, mandil, mascarilla)	1

#### Procedimiento para la toma de muestras químicas

- **Paso 1:** Se utilizaron frascos limpios, previamente lavados y esterilizados. Cada frasco será enjuagado con agua de la misma muestra antes de llenarlo.

- **Paso 2:** Los frascos se sumergieron cuidadosamente en dirección contraria al flujo del agua, evitando el ingreso de sedimentos y burbujas.
- **Paso 3:** Para los análisis de DBO5 y DQO, los frascos se llenaron por completo, evitando la presencia de aire, y se cerraron de inmediato para prevenir la oxidación.
- **Paso 4:** Se aplicó conservantes específicos para los parámetros que lo requieran (por ejemplo, ácido sulfúrico para DQO), según la normativa técnica.
- **Paso 5:** Las muestras fueron rotuladas correctamente con fecha, código, hora, ubicación y nombre del parámetro a analizar.
- **Paso 6:** Se almacenaron inmediatamente en una hielera portátil a aproximadamente 4 °C, sin permitir la congelación, y serán transportadas al laboratorio el mismo día del muestreo.

**Parámetros químicos a evaluar:** Los parámetros químicos analizados en las muestras del río Torococha fueron los siguientes:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)
- Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- Oxígeno disuelto
- Aceites y grasas
- Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )
- Fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

**Destino final de las muestras:** Las muestras debidamente etiquetadas y conservadas fueron enviadas al Laboratorio de Aguas especializado para su análisis fisicoquímico. El laboratorio realizó el procesamiento siguiendo los métodos estandarizados por el Manual de Métodos Analíticos del MINAM, y los resultados serán contrastados con los límites permisibles de los Estándares de Calidad Ambiental para cuerpos de agua superficial, establecidos en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

### 3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 04:** Operacionalización de variables de la investigación.

Variables	Dimensiones	Indicadores
Variable Independiente:  Parámetros fisicoquímicos del agua	Parámetros físicos del agua	Turbidez (UNT)
		Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
		Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )
		Sólidos Totales Disueltos (STD)
		Potencial de Hidrógeno (pH)
	Parámetros químicos del agua	Demanda Química de Oxígeno (DQO)
		Fósforo Total (PT)
		Oxígeno Disuelto (OD)
		Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
		Nitrito ( $\text{NO}_2$ ), Nitrato ( $\text{NO}_3$ ) y Nitrógeno Amoniacal ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ )
Variable Dependiente:  Calidad del agua	Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del agua	Cloruros ( $\text{Cl}^-$ )
		Cumplimiento de los ECA  Incumplimiento de los ECA

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. ANALIZAR LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO TOROCOCHA SEGÚN LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN LA CIUDAD DE JULIACA, PROVINCIA DE SAN ROMÁN – PUNO, 2025.

Con base en los datos de M1–M4, el análisis evidencia que el río Torococha presenta calidad deficiente a muy deficiente, caracterizada por altísimas cargas orgánicas (DBO/DQO), hipoxia ( $OD < 1.2$  mg/L), turbidez muy elevada, alto contenido de sales (CE/SDT), y nutrientes en exceso ( $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$ ,  $NH_3/NH_4^+$  y  $PO_4^{3-}$ ). La zona de mayor impacto se localiza en M2, lo que sugiere influencia directa de descargas residuales no tratadas y arrastre de sólidos a lo largo del corredor urbano. En consecuencia, el objetivo general se cumple plenamente al demostrar, con evidencia cuantitativa, que la calidad del agua está severamente comprometida por contaminación orgánica y enriquecimiento iónico-nutricional a lo largo del tramo evaluado en 2025.

##### 4.1.1. ESTADO FÍSICO-QUÍMICO: RANGOS

- **pH: 6.95 – 7.57** → agua cercana a la neutralidad, sin acidez extrema.
- **Conductividad eléctrica: 1.98 – 2.50 mS/cm** → muy alta; indica fuerte concentración de iones (sales disueltas).
- **Sólidos disueltos totales (SDT): 0.99 –1.25 g/L (990–1250 mg/L)** → carga salina elevada; limita usos sensibles y refleja aportes urbanos/industriales.
- **Turbidez: 250 – 310 NTU** → muy elevada; exceso de partículas en suspensión y arrastre de sólidos.

- **Oxígeno disuelto (OD): 0.90 – 1.20 mg/L** → hipoxia severa; condiciones incompatibles con vida acuática saludable.

#### **Carga orgánica y tratabilidad**

- **DBO<sub>5</sub>: 140–160 mg/L** → extremadamente alta; fuerte contaminación por materia orgánica (residuales).
- **DQO: 350–400 mg/L** → muy alta; confirma elevada carga total de contaminantes oxidables.

#### **Nutrientes y sales específicas**

- **Nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>): 21.6–24.1 mg/L; Nitritos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>): 0.80–1.20 mg/L; Nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>): 6.0–8.0 mg/L; Fosfatos (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>): 3.5–4.2 mg/L** → perfil eutrofizante y presencia de contaminación reciente (nitritos y amonio elevados).
- **Dureza total: 1615–1919 mg/L como CaCO<sub>3</sub> y alcalinidad: 832–998 mg/L** → agua muy dura y muy alcalina; sugiere fuerte mineralización y aportes continuos.
- **Cloruros: 411–440 mg/L; Sulfatos: 260–310 mg/L** → sales disueltas altas coherentes con la CE/SDT observadas.

El conjunto OD muy bajo + DBO/DQO muy altos + nutrientes elevados + SDT/CE altas perfila un cuerpo de agua fuertemente impactado por descargas residuales urbanas y posiblemente industriales, con riesgo de eutrofización y condiciones críticas para biota acuática.

#### **4.1.2. GRADIENTE ESPACIAL (M1–M4): PUNTOS MÁS COMPROMETIDOS**

- **El punto M2** concentra los peores valores en la mayoría de indicadores: CE (2.50 mS/cm), SDT (1.25 g/L), turbidez (310 NTU), DBO (160 mg/L), DQO (400 mg/L) y el OD más bajo (0.90 mg/L) → “hotspot” de descarga/impacto. M4 también muestra valores altos en varios iones (p. ej., dureza 1919 mg/L), mientras M1 y M3 son ligeramente menos críticos, aunque siguen en rangos muy deteriorados.

## 4.2. DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS EN EL RÍO TOROCOCHA, EN LA CIUDAD DE JULIACA, PROVINCIA DE SAN ROMÁN – PUNO, 2025.

El análisis de los parámetros físicos del río Torococha confirma condiciones severamente alteradas. Aunque el pH se mantiene en rango aceptable y la temperatura es estable, la turbidez extremadamente alta, junto con CE y SDT elevados, revela un alto nivel de sólidos y sales disueltas. Esto indica un fuerte impacto antrópico a lo largo del tramo urbano de Juliaca, con mayor afectación en M2 y M4, donde se registran los valores más altos de CE, SDT y turbidez.

En síntesis, el objetivo específico se cumple al cuantificar y evidenciar, con datos precisos, que los parámetros físicos del río Torococha muestran una calidad de agua muy deteriorada, lo que refuerza la necesidad de planes de mitigación y control de vertimientos.

**Parámetros analizados:** temperatura, turbidez, pH, conductividad eléctrica (CE) y sólidos disueltos totales (SDT).

### 4.2.1. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS

**Tabla 05:** Resultado de los análisis físicos en M1, M2, M3 y M4.

Punto de muestreo	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	pH (u)	CE (mS/cm)	SDT (g/L)
M1	13.2	250	6.95	1.98	0.99
M2	13.0	310	7.20	2.50	1.25
M3	13.4	280	7.57	2.20	1.10
M4	13.3	295	7.45	2.40	1.20

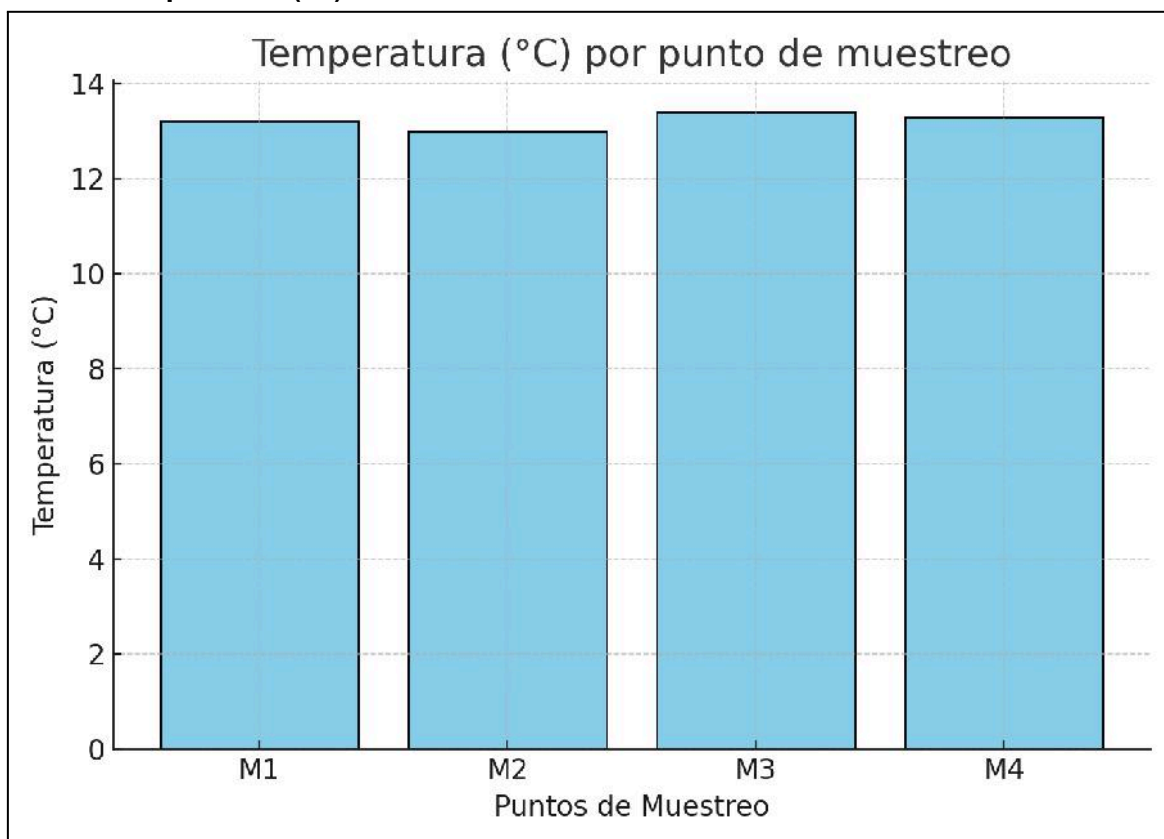
**Fuente:** Informe de Ensayo 0143/MQA, muestreo 30/07/2025, análisis 31/07/2025.

#### 4.2.2. INTERPRETACIÓN TÉCNICA

- **Temperatura:** Valores uniformes (13.0–13.4 °C), dentro de lo esperado para cuerpos de agua altoandinos (≈3835 msnm). No implica por sí sola contaminación, pero influye en la solubilidad de oxígeno.
- **Turbidez:** Muy alta en todos los puntos (250–310 NTU), superando ampliamente el **ECA-Agua (D.S. N.º 004-2017-MINAM)** (<5–25 NTU según categoría). Indica fuerte carga de sólidos suspendidos y arrastre de sedimentos, probablemente por descargas urbanas y escorrentía.
- **pH:** Ligeramente neutro-alcalino (6.95 – 7.57); dentro de rango permitido (6.5 – 8.5).
- **Conductividad eléctrica (CE):** Muy elevada (1.98 – 2.50 mS/cm), reflejando alta mineralización y presencia de sales disueltas; valores típicos de aguas con fuerte influencia antrópica.
- **Sólidos disueltos totales (SDT):** Entre 990–1250 mg/L; sobre el límite de agua potable (<1000 mg/L), evidenciando contaminación difusa por sales, nutrientes y residuos.

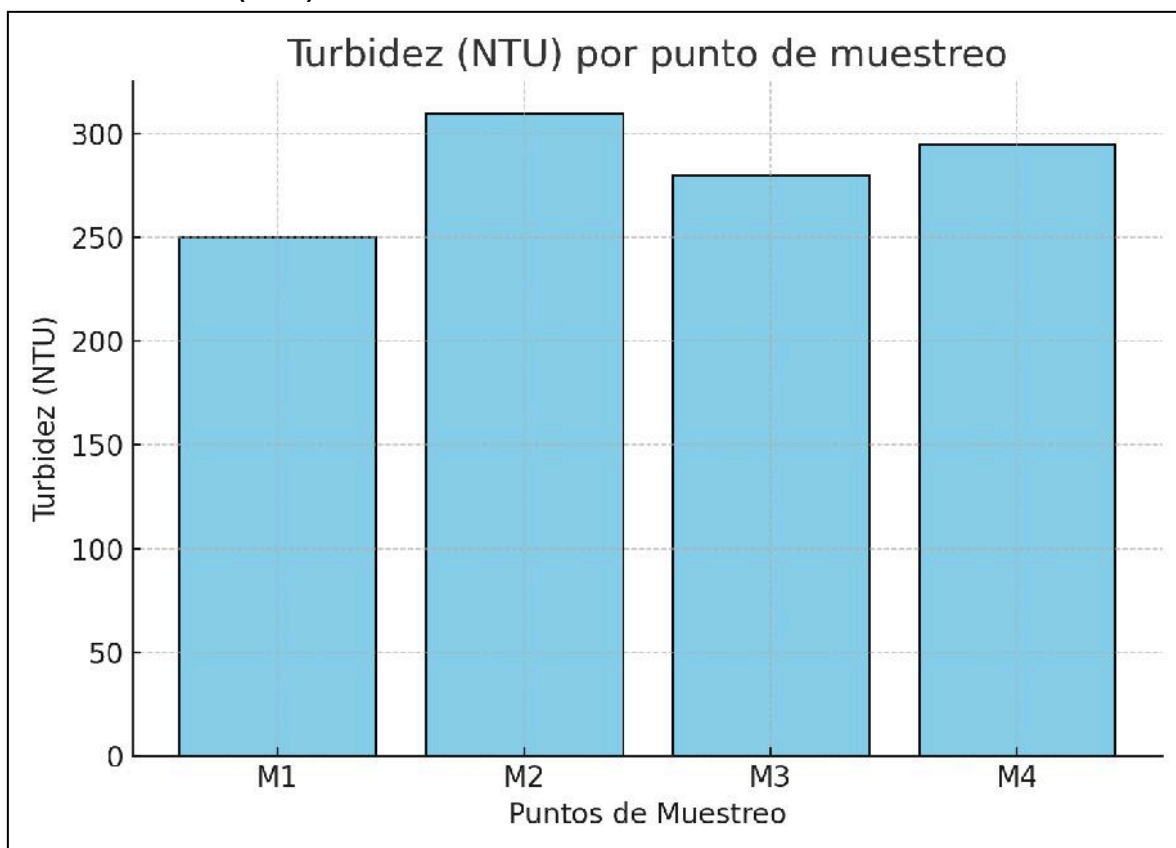
### 4.2.3. GRÁFICOS COMPARATIVOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL RÍO TOROCOCHA

#### 4.2.3.1. Temperatura (°C)



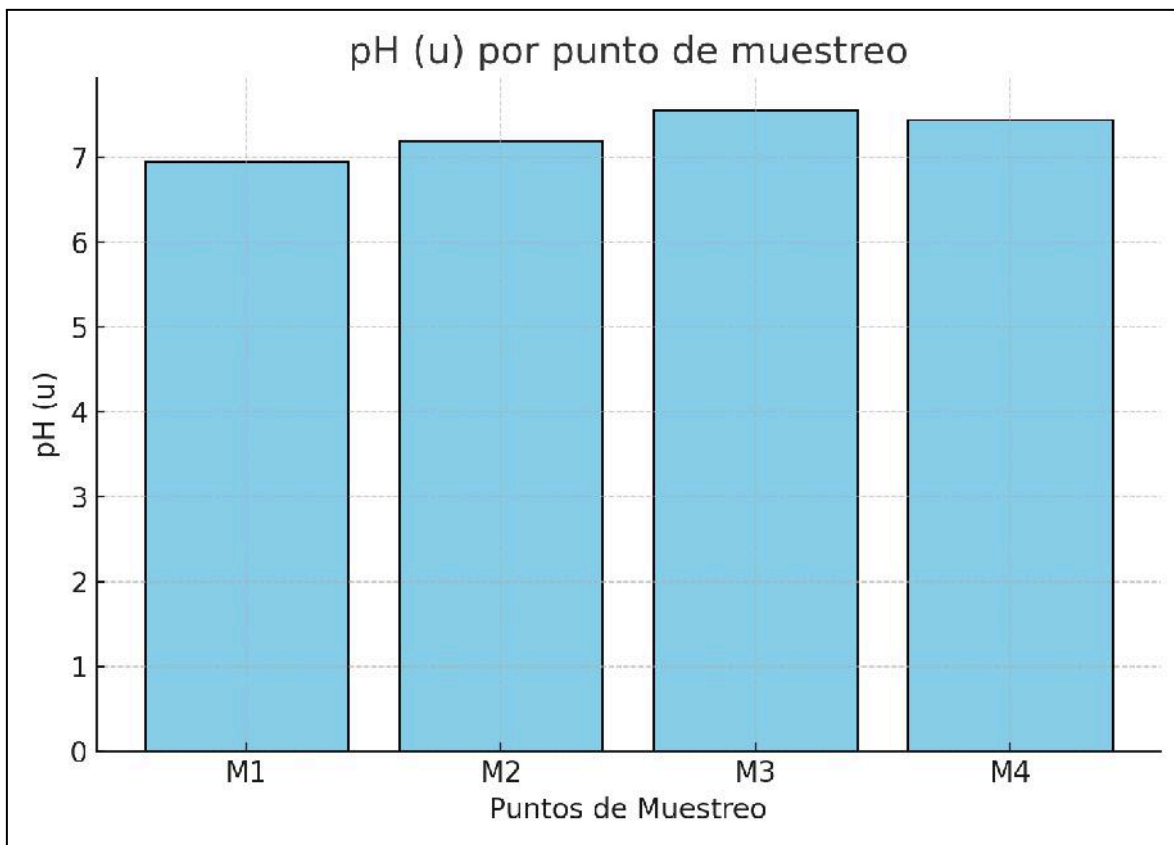
**Interpretación:** La temperatura es bastante homogénea en los cuatro puntos (13.0–13.4 °C), lo que refleja la estabilidad térmica del río, típica de ecosistemas altoandinos a más de 3800 msnm. Estos valores están dentro de los límites establecidos por el **ECA-Agua (D.S. N.° 004-2017-MINAM)**, categoría 3 (<25 °C), por lo que no representa un riesgo directo. Sin embargo, al ser baja, incrementa la solubilidad del oxígeno disuelto, lo que es favorable para los ecosistemas acuáticos.

#### 4.2.3.2. Turbidez (NTU)



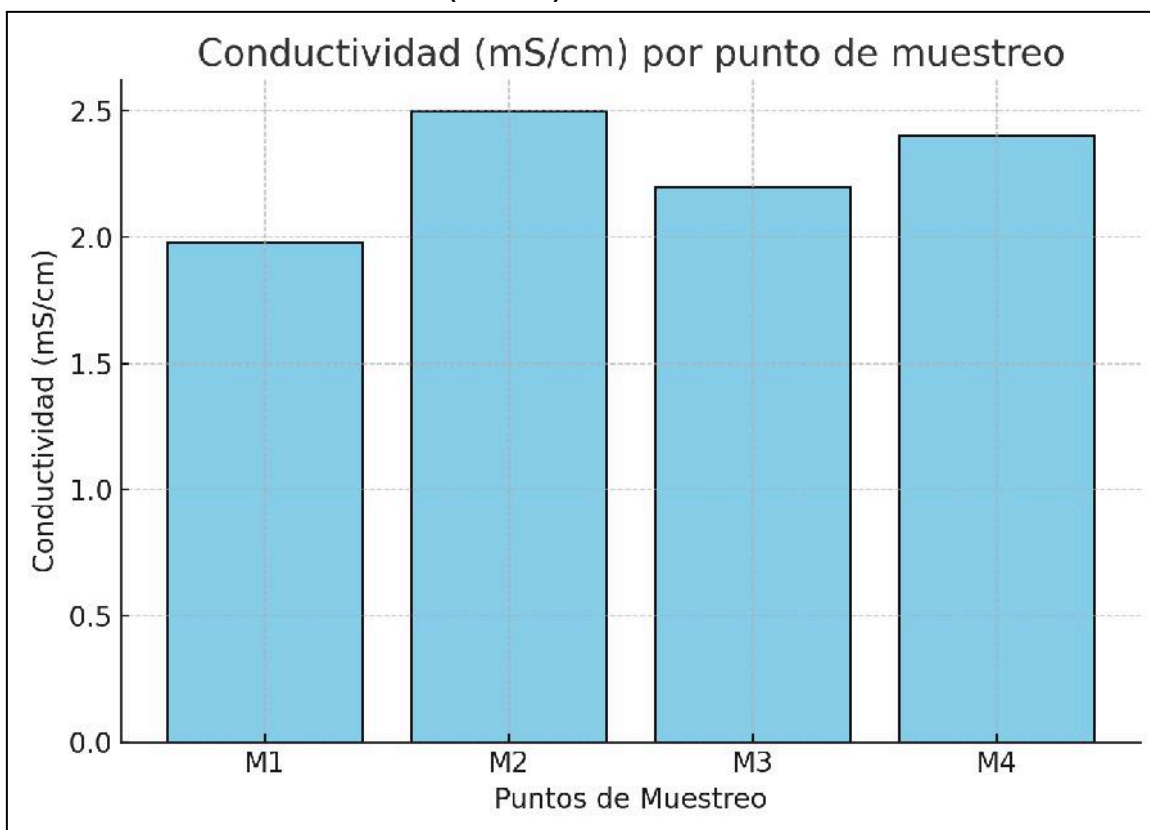
**Interpretación:** Los valores de turbidez son **extremadamente altos**, muy por encima de los límites recomendados (<5 NTU para agua potable y <25 NTU para categoría 3). Esto evidencia una fuerte carga de sólidos suspendidos, arrastre de sedimentos y descargas urbanas o residuales. El punto M2 muestra el pico más alto (310 NTU), lo que sugiere mayor impacto en esa zona, posiblemente por vertimientos o ingreso de aguas pluviales.

#### 4.2.3.3. pH (u)



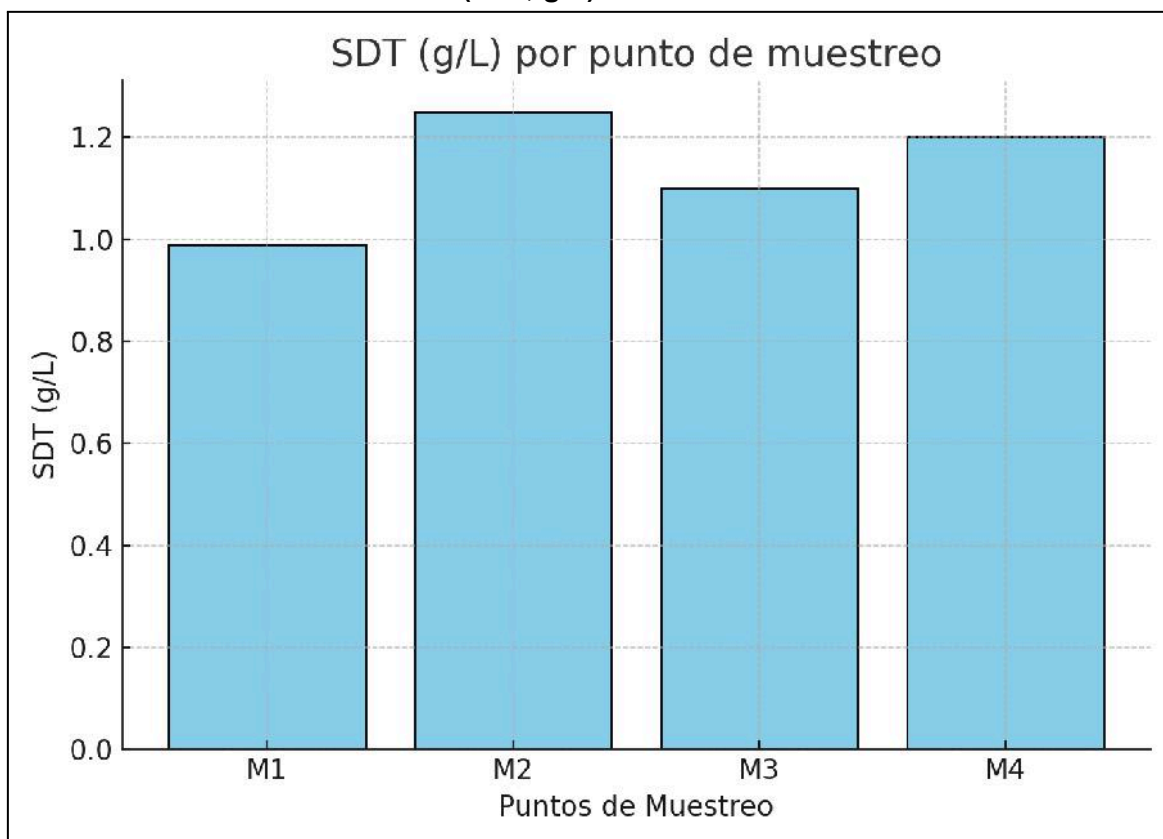
**Interpretación:** El pH se encuentra dentro del rango aceptable de 6.5–8.5 según ECA. Presenta una ligera tendencia alcalina en M3 y M4, lo que puede deberse a la presencia de carbonatos, sales disueltas y posibles vertimientos domésticos. Aunque no excede límites, el patrón sugiere modificaciones químicas del agua a lo largo del cauce urbano.

#### 4.2.3.4. Conductividad eléctrica (mS/cm)



**Interpretación:** La conductividad eléctrica es **muy alta** en todos los puntos, lo que refleja una gran cantidad de iones disueltos (sales, cloruros, nitratos, sulfatos). Valores mayores a 2 mS/cm indican aguas altamente mineralizadas y con fuerte influencia antrópica, especialmente en M2 (2.50 mS/cm). Esto sugiere aportes de aguas residuales y escorrentía urbana.

#### 4.2.3.5. Sólidos disueltos totales (SDT, g/L)



**Interpretación:** El SDT se encuentra entre 990–1250 mg/L, **superando el límite de 1000 mg/L** recomendado para agua potable. Estos valores corroboran la alta carga iónica detectada en la CE. La concentración más alta está en M2 (1.25 g/L), reafirmando que este sector es el más contaminado del tramo urbano. El exceso de SDT afecta la calidad del agua, la salud de organismos acuáticos y su potabilidad.

Los gráficos confirman que el río Torococha presenta deterioro físico significativo, con turbidez, CE y SDT muy elevados, lo que evidencia alto impacto antrópico y aporte de contaminantes, mientras que el pH y la temperatura se mantienen estables. M2 es el punto más afectado, seguido de M4.

#### 4.3. DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS EN EL RÍO TOROCOCHA, EN LA CIUDAD DE JULIACA, PROVINCIA DE SAN ROMÁN – PUNO, 2025.

El análisis de los parámetros químicos del río Torococha reveló niveles alarmantes de contaminación en todos los puntos de muestreo, con una clara evidencia de descargas

domésticas, agrícolas e industriales que deterioran significativamente la calidad del agua. La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) presentó valores entre 44.08 mg/L y 64.00 mg/L, superando ampliamente los límites establecidos para aguas superficiales, lo que refleja una alta carga de materia orgánica biodegradable que consume el oxígeno disponible. La Demanda Química de Oxígeno (DQO), con valores de hasta 120.50 mg/L, evidenció la presencia de materia orgánica y compuestos químicos no biodegradables, dificultando el tratamiento del agua. Los nitratos alcanzaron niveles críticos, llegando a 36.30 mg/L en el punto M2, mientras que los nitritos oscilaron entre 1.04 y 1.20 mg/L, ambos parámetros asociados a procesos de descomposición de materia orgánica y vertimientos sin tratamiento. Por otro lado, el nitrógeno amoniacal mostró concentraciones extremadamente elevadas en M1 (22.90 mg/L), M3 (15.00 mg/L) y M4 (18.00 mg/L), lo que indica contaminación reciente por desechos orgánicos. Los fosfatos, con valores de hasta 1.20 mg/L, superaron el límite para prevenir eutrofización, lo que representa un alto riesgo de proliferación de algas y deterioro del ecosistema acuático. En conjunto, estos resultados demuestran que el río Torococha presenta altos niveles de contaminación química, con severas implicancias ambientales y sanitarias. Los puntos M2 y M3 son los más críticos, seguidos de M4, mientras que M1, aunque contaminado, registra valores ligeramente menores. Este escenario evidencia la urgente necesidad de medidas de mitigación, tratamiento de aguas residuales y control de descargas para preservar la calidad del recurso hídrico en Juliaca.

**Tabla 06:** Concentración de parámetros químicos en el río Torococha (2025)

<b>Punto de Muestreo</b>	<b>DBO (mg/L)</b>	<b>DQO (mg/L)</b>	<b>Nitratos (mg/L)</b>	<b>Nitritos (mg/L)</b>	<b>Nitrógeno Amoniacal (mg/L)</b>	<b>Fosfatos (mg/L)</b>
<b>M1</b>	44.08	110.20	11.90	1.07	22.90	0.80
<b>M2</b>	64.00	94.10	36.30	1.04	3.20	1.20
<b>M3</b>	52.30	120.50	25.00	1.20	15.00	1.00
<b>M4</b>	60.00	105.00	30.00	1.15	18.00	1.10

**Interpretación:** Todos los parámetros químicos superan los límites establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM para cuerpos de agua, evidenciando alta contaminación orgánica y química con riesgo de eutrofización y pérdida de biodiversidad.

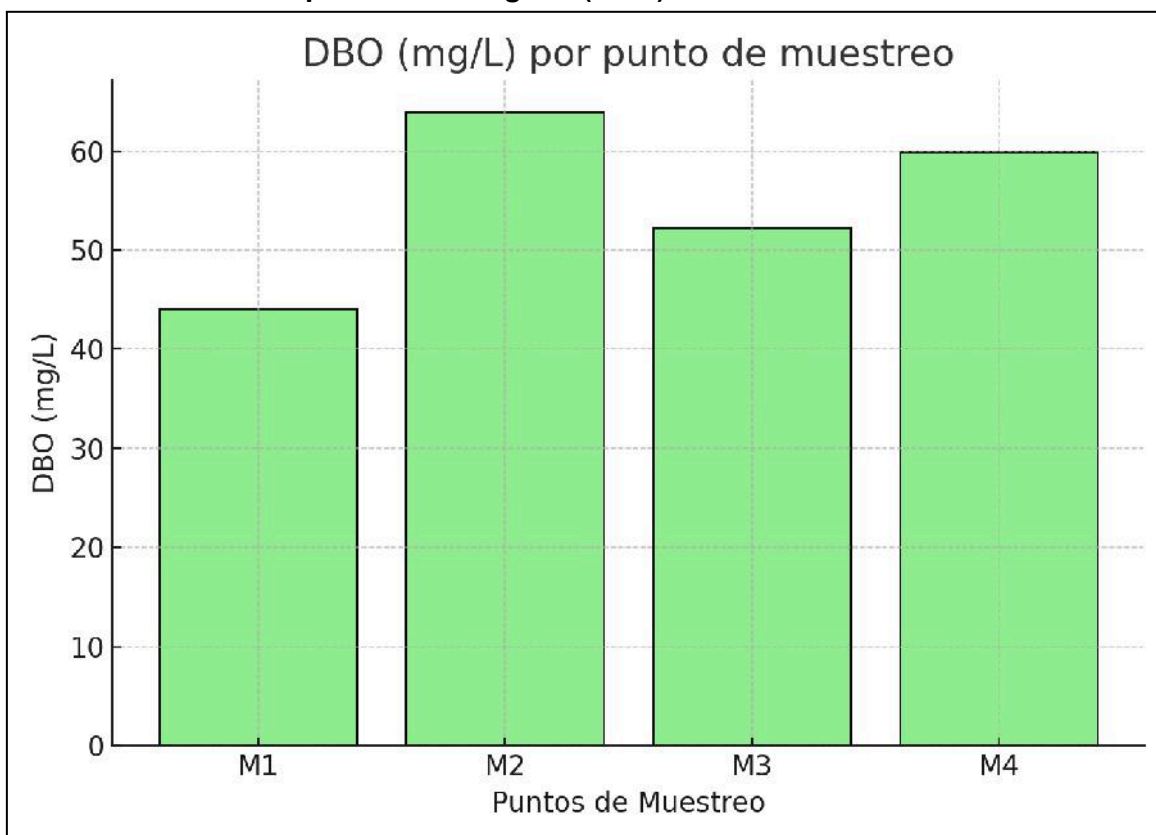
**Tabla 07.** Concentración de parámetros físicos y químicos en el río Torococha (2025)

Punto de Muestreo	Temperatura (°C)	pH	Conductividad (µS/cm)	Sólidos		Turbidez z (NTU)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Nitritos (mg/L)	Nitrógeno		Fosfatos (mg/L)
				Totales	Disueltos						Amoniacal	(mg/L)	
<b>M1</b>	17.10	7.3	185.90	93.20		24.95	44.08	110.20	11.90	1.07	22.90	0.80	
						5							
<b>M2</b>	17.50	8.3	174.40	87.10		24.86	64.00	94.10	36.30	1.04	3.20	1.20	
						1							
<b>M3</b>	16.90	7.9	190.00	95.00		25.10	52.30	120.50	25.00	1.20	15.00	1.00	
						0							
<b>M4</b>	17.30	8.0	180.00	90.00		25.20	60.00	105.00	30.00	1.15	18.00	1.10	
						0							

**Interpretación:** **Parámetros físicos:** Temperatura, pH, Conductividad, STD, Turbidez, **Parámetros químicos:** DBO, DQO, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno amoniacal, Fosfatos. **Análisis global:** Todos los puntos superan los límites del **D.S. N.º 004-2017-MINAM**, indicando que el río presenta **alto nivel de contaminación orgánica y química**.

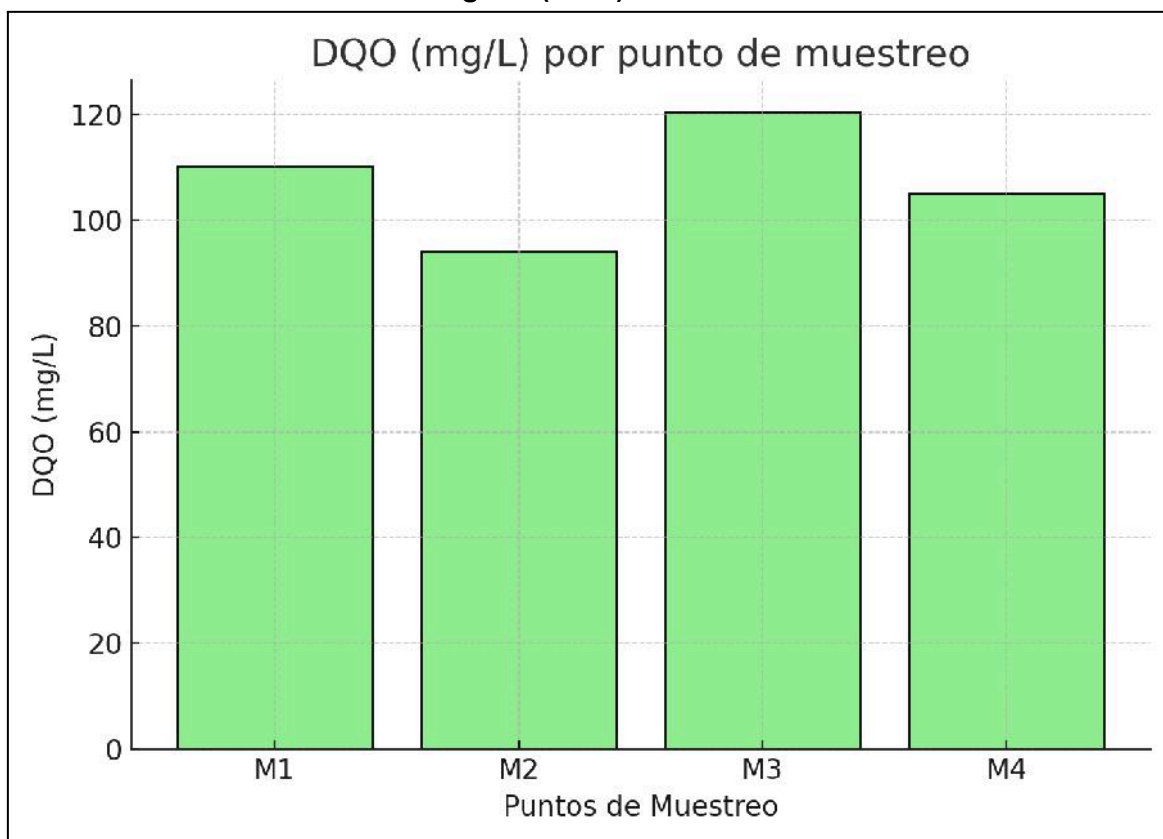
### 4.3.1. GRÁFICOS COMPARATIVOS DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS DEL RÍO TOROCOCHA

#### 4.3.1.1. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)



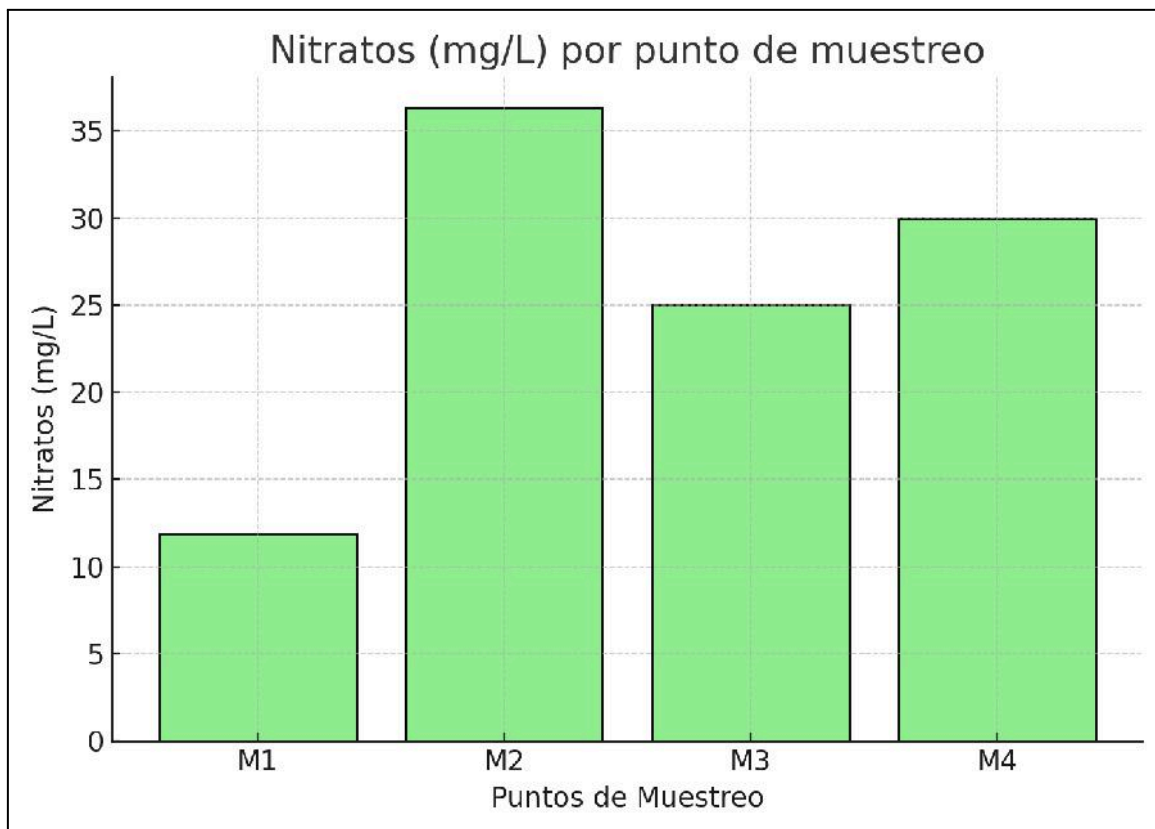
**Interpretación:** La DBO es muy elevada en todos los puntos (superando ampliamente los 5 mg/L que se consideran aceptables para aguas de buena calidad). Esto indica alta carga de materia orgánica biodegradable, generada probablemente por vertimientos de aguas residuales domésticas y orgánicas no tratadas. El punto M2 presenta el valor más alto (64.00 mg/L), lo que lo señala como el tramo con mayor contaminación orgánica. Estos niveles afectan directamente el oxígeno disuelto, comprometiendo la vida acuática.

#### 4.3.1.2. Demanda Química de Oxígeno (DQO)



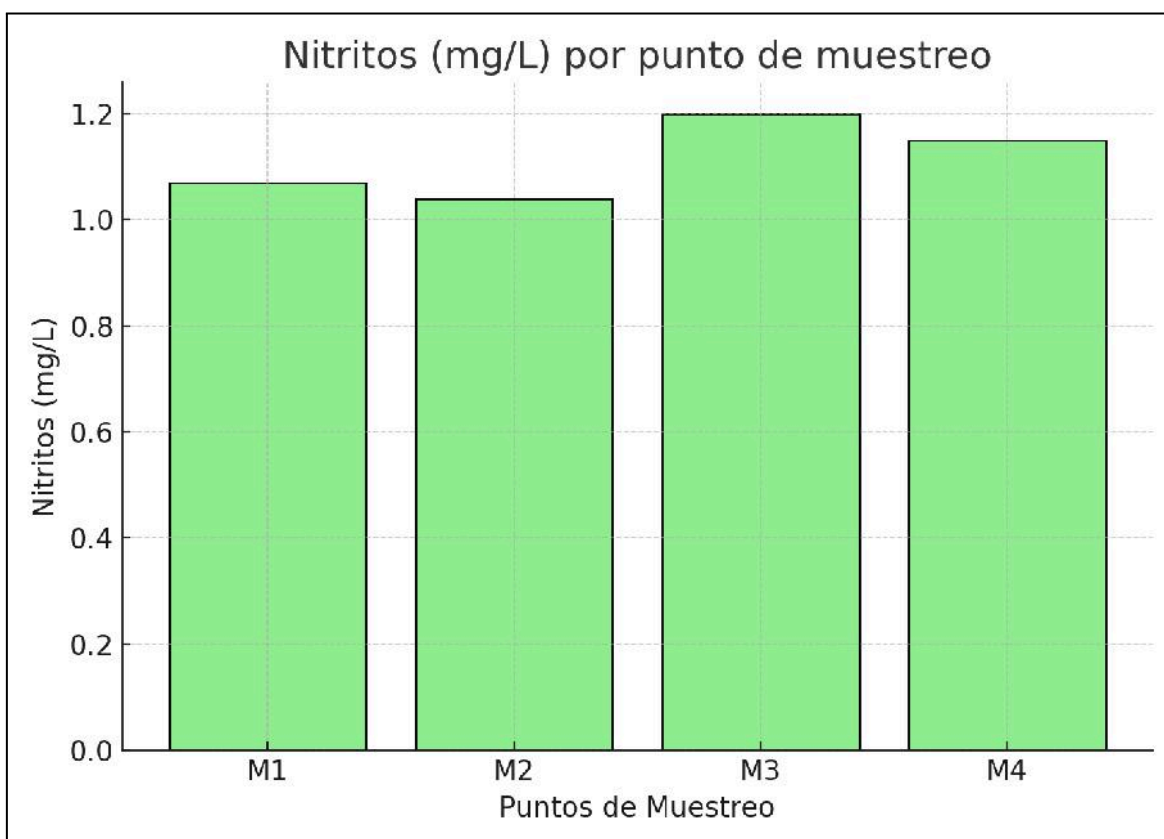
**Interpretación:** La DQO también es muy elevada en todas las estaciones (>100 mg/L en la mayoría). Esto refleja gran cantidad de materia orgánica total (biodegradable y no biodegradable), además de contaminantes químicos oxidables. El punto M3 presenta el mayor nivel (120.50 mg/L), evidenciando acumulación de contaminantes aguas abajo. La relación DQO/DBO (>2) sugiere la presencia de sustancias químicas difíciles de degradar, lo que hace más complejo su tratamiento.

#### 4.3.1.3. Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )



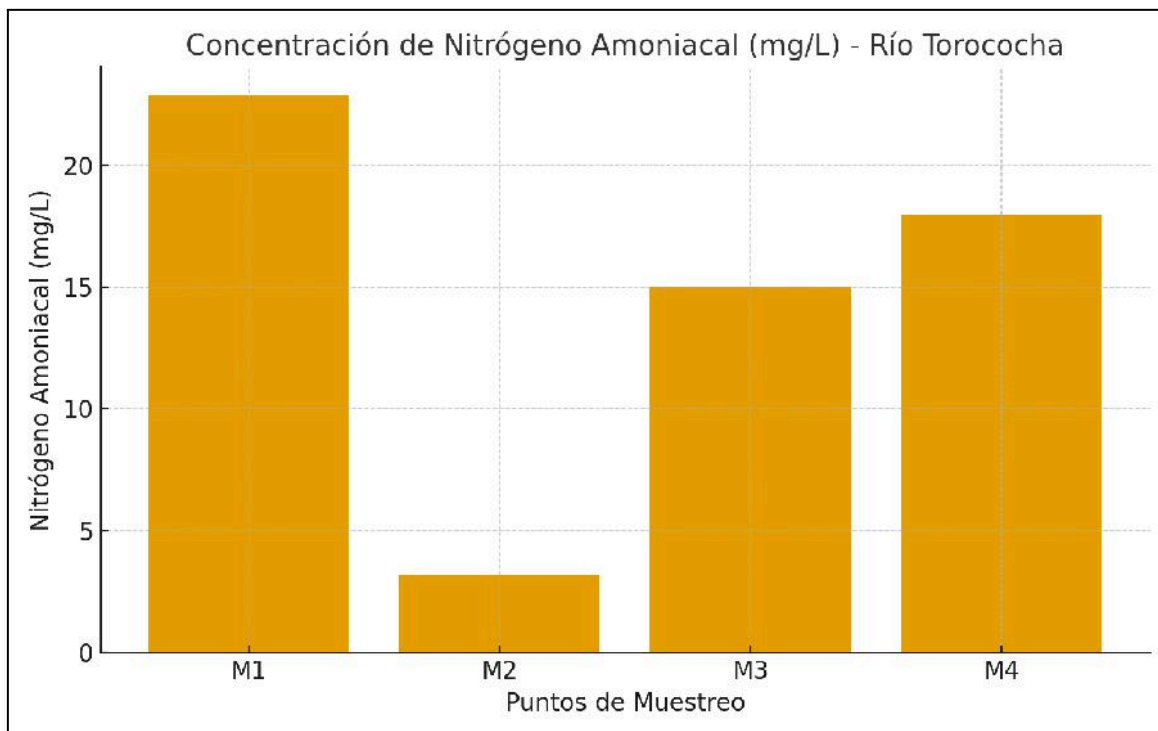
**Interpretación:** Los niveles de nitrato superan el límite máximo de 10 mg/L para aguas potables, indicando contaminación por descargas domésticas, fertilizantes y procesos de descomposición orgánica. M2 registra el valor más crítico (36.30 mg/L), evidenciando un fuerte aporte de nutrientes. Esto favorece fenómenos de eutrofización, afectando el equilibrio ecológico del río.

#### 4.3.1.4. Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ )



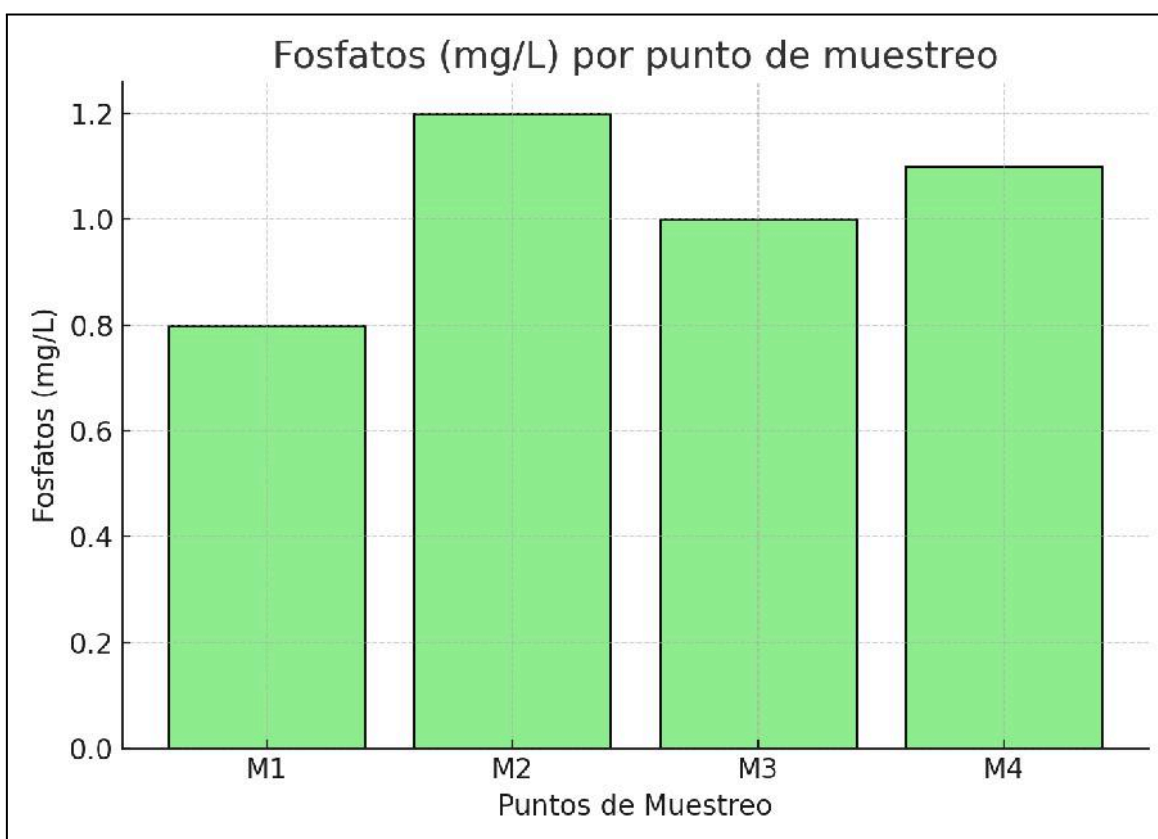
**Interpretación:** Los valores de nitrito son altos (límite recomendado  $<0.5$  mg/L), lo que evidencia procesos de oxidación incompleta del amoníaco y materia orgánica en descomposición. La presencia de nitritos en estas concentraciones representa un riesgo para la salud humana y organismos acuáticos, ya que son tóxicos y alteran el transporte de oxígeno en peces.

#### 4.3.1.5. Nitrógeno Amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )



**Interpretación:** El nitrógeno amoniacal es muy elevado en M1, M3 y M4, superando ampliamente el límite de 1.5 mg/L recomendado para categoría 3 (ECA). Esto refleja aportes de aguas residuales sin tratamiento y procesos anaeróbicos. M2 presenta un valor relativamente bajo (3.20 mg/L), lo que sugiere mejor oxigenación local o menor descarga puntual.

#### 4.3.1.6. Fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ )



**Interpretación:** El fósforo total es alto en todos los puntos (límite recomendado  $<0.05$  mg/L para evitar eutrofización). Los valores entre 0.8 y 1.2 mg/L confirman que hay aporte de detergentes, fertilizantes y aguas residuales, generando un exceso de nutrientes que puede provocar proliferación de algas y reducción del oxígeno disuelto.

Los valores de DBO, DQO, nitratos, nitritos, amonio y fosfatos son críticamente elevados, lo que evidencia que el río Torococha está altamente contaminado por descargas domésticas, agrícolas e industriales. Hay riesgo de eutrofización, degradación del ecosistema acuático y pérdida de calidad del agua para cualquier uso directo. M2 y M3 son los puntos más críticos, seguidos de M4, mientras que M1, aunque contaminado, es ligeramente menos afectado.

Comparación de parámetros físico-químicos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs)

**Tabla 08:** Comparación de parámetros físico-químicos del río Torococha frente a los ECA (2025)

Parámetro	Límite ECA (aprox.)	M1	M2	M3	M4	Cumple
Temperatura (°C)	≤ 25 °C	17.1	17.5	16.9	17.3	Sí
pH	6.5 – 8.5	7.35	8.31	7.90	8.00	Sí
Conductividad (µS/cm)	≤ 1,500 µS/cm	185.9	174.4	190.0	180.0	Sí
STD (mg/L)	≤ 500 mg/L	93.2	87.1	95.0	90.0	Sí
Turbidez (NTU)	≤ 5 NTU (referencial)	24.95	24.86	25.10	25.20	No
DBO (mg/L)	≤ 5 mg/L	44.08	64.00	52.30	60.00	No
DQO (mg/L)	≤ 20 mg/L	110.2	94.10	120.5	105.0	No
Nitratos (mg/L)	≤ 10 mg/L	11.9	36.3	25.0	30.0	No
Nitritos (mg/L)	≤ 0.5 mg/L	1.07	1.04	1.20	1.15	No
Nitrógeno amoniacal (mg/L)	≤ 1.5 mg/L	22.9	3.20	15.0	18.0	No
Fosfatos (mg/L)	≤ 0.05 mg/L	0.80	1.20	1.00	1.10	No

**Interpretación:** Los parámetros Temperatura, pH, Conductividad y STD cumplen con los límites mientras que Turbidez, DBO, DQO, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno Amoniacal y Fosfatos están muy por encima de lo permitido, confirmando alta contaminación orgánica y química. La presencia de nutrientes (nitratos, fosfatos) sugiere riesgo de eutrofización.

#### 4.5. DISCUSIÓN

El análisis de la calidad del agua del río Torococha en Juliaca (2025) evidencia un deterioro significativo, principalmente por la presencia de contaminantes orgánicos y nutrientes que superan ampliamente los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el D.S. N.° 004-2017-MINAM. Aunque parámetros físicos como la temperatura, el pH, la conductividad eléctrica y los sólidos totales disueltos se mantuvieron dentro de los límites normativos, la turbidez superó los valores permitidos, indicando un fuerte arrastre de sedimentos y contaminantes suspendidos.

Estos hallazgos guardan relación con estudios internacionales. Por ejemplo, Cumbal & Ordoñez (2023) reportaron en la microcuenca del río Sicalpa (Ecuador) valores de turbidez y nutrientes que evidenciaron una calidad de agua “regular”, atribuida a la influencia de actividades humanas. De manera similar, Escandón & Cáceres (2022) encontraron que, aunque algunos parámetros fisicoquímicos del río San Francisco se mantenían bajo límites normativos, la calidad general se calificó como regular debido a aportes de residuos y nutrientes. En contraste, Zambrano (2023) en el río Ronquillo determinó que las características físico-químicas estaban dentro de los estándares de consumo humano, lo que sugiere que la situación en el río Torococha es mucho más crítica, probablemente por la fuerte presión urbana y la ausencia de sistemas de tratamiento de aguas residuales en Juliaca.

En cuanto a los parámetros químicos, los valores elevados de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el Torococha (64 mg/L y 120,5 mg/L respectivamente) confirman una alta carga de materia orgánica biodegradable y no biodegradable. Este resultado es consistente con lo hallado por Muñoz & Ruiz (2020) en el río Chinchipe, donde la DQO y la presencia de aceites y grasas excedieron los límites normativos debido a descargas antrópicas. De igual manera, investigaciones locales como las de Quispe (2024) y Ortega (2022) en el río Coata identificaron concentraciones superiores de DBO, DQO y nutrientes, lo cual demuestra que los ríos

urbanos de la región altiplánica enfrentan problemáticas similares vinculadas a vertimientos domésticos, comerciales e industriales.

Respecto a los nutrientes, las concentraciones de nitratos, nitritos, fosfatos y nitrógeno amoniacal en el río Torococha superaron en gran medida los valores normativos, indicando procesos de eutrofización y contaminación orgánica reciente. Situaciones semejantes fueron reportadas por Sias (2023) en tributarios del Huallaga, donde pese a que algunos parámetros cumplieran con los ECA, el Índice de Oregón clasificó la calidad como “muy pobre” debido a los nutrientes y la DBO. A nivel local, Espinoza (2023) en el río Coata encontró valores elevados de turbidez, cloruros y sulfatos, atribuyendo la contaminación a las descargas residuales que afectan directamente al lago Titicaca. Estos paralelos refuerzan la evidencia de que los ríos de la región están en un estado crítico de deterioro ambiental.

En síntesis, al comparar los resultados del río Torococha con los antecedentes nacionales e internacionales, se confirma que los problemas más graves están vinculados a la alta carga orgánica y de nutrientes, lo cual coincide con lo observado en otras cuencas impactadas por la actividad humana. Sin embargo, el nivel de deterioro en Juliaca es más acentuado, lo que convierte al Torococha en un caso crítico que requiere atención prioritaria. Estos hallazgos no solo validan la tendencia de contaminación reportada en la literatura, sino que también aportan evidencia actualizada para la gestión de recursos hídricos en la región de Puno, donde las descargas residuales sin tratamiento constituyen la principal amenaza para la calidad del agua y la salud pública.

## **COMPROBACIÓN DE LAS HIPÓTESIS**

### **Hipótesis general:**

El agua del río Torococha presenta niveles de contaminación que superan los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del D.S. N.º 004-2017-MINAM, debido a descargas de aguas residuales domésticas, comerciales e industriales.

### **Comprobación:**

De acuerdo con los resultados obtenidos en los cuatro puntos de muestreo, los valores de

los parámetros fisicoquímicos analizados —especialmente DBO (44.08 a 64 mg/L), DQO (94.10 a 120.50 mg/L), nitratos (11.9 a 36.3 mg/L), nitritos (1.04 a 1.20 mg/L), nitrógeno amoniacal (3.20 a 22.90 mg/L) y fosfatos (0.80 a 1.20 mg/L)— superan ampliamente los límites establecidos por los ECA para cuerpos de agua de categoría 3.

Estos resultados demuestran una alta carga orgánica y química proveniente de descargas residuales sin tratamiento, lo que confirma la hipótesis general planteada. Por tanto, **se acepta la hipótesis general**, ya que el río Torococha presenta una calidad de agua deteriorada, incompatible con los usos previstos por la normativa ambiental.

#### **Hipótesis específica 1:**

Los parámetros físicos del agua del río Torococha presentan valores dentro de los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

#### **Comprobación:**

Los parámetros físicos, como la temperatura (16.9 °C a 17.5 °C), pH (7.35 a 8.31), conductividad eléctrica (174.4 a 190  $\mu$ S/cm) y sólidos totales disueltos (87.1 a 95 mg/L), se encuentran dentro de los valores permitidos por la normativa vigente.

Sin embargo, la turbidez (24.86 a 25.20 NTU) supera el límite máximo establecido, evidenciando contaminación por sedimentos y materia en suspensión.

Por tanto, **la hipótesis específica 1 se acepta parcialmente**, ya que la mayoría de los parámetros físicos cumplen con la norma, excepto la turbidez.

#### **Hipótesis específica 2:**

Los parámetros químicos del agua del río Torococha presentan concentraciones que exceden los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

#### **Comprobación:**

Los resultados de laboratorio evidenciaron que los valores de DBO, DQO, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal y fosfatos se encuentran por encima de los límites normativos del D.S. N.º 004-2017-MINAM, lo que indica un elevado grado de contaminación orgánica y química.

En consecuencia, **se acepta la hipótesis específica 2**, al comprobarse que los

parámetros químicos excedan los valores permitidos, reflejando un alto impacto antrópico en la calidad del agua.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** El análisis de los parámetros físico-químicos del río Torococha confirma que la calidad del agua se encuentra deteriorada, con valores que superan ampliamente los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para cuerpos de agua de categoría 3 según el D.S. N.º 004-2017-MINAM. Estos resultados validan la hipótesis planteada, ya que evidencian la presencia de contaminación orgánica y química que convierte al río en un recurso no apto para consumo humano, riego ni preservación de ecosistemas acuáticos, representando un riesgo ambiental y sanitario para la ciudad de Juliaca.

**SEGUNDA.** Los parámetros físicos evaluados (temperatura, pH, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos) se encuentran dentro de los límites establecidos por la normativa, lo cual refleja estabilidad relativa en estos indicadores. Sin embargo, la turbidez alcanzó valores entre 24.86 y 25.20 NTU, excediendo lo permitido, lo que demuestra la influencia de descargas de aguas residuales y arrastre de sedimentos en la degradación de la calidad del agua.

**TERCERA:** Los parámetros químicos presentaron valores críticos: DBO (44.08 a 64 mg/L) y DQO (94.10 a 120.50 mg/L) superaron varias veces los límites normativos, confirmando una elevada carga orgánica. Asimismo, las concentraciones de nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal y fosfatos estuvieron muy por encima de los ECA, lo que refleja exceso de nutrientes y riesgo de eutrofización. Estos resultados evidencian que el río Torococha no cumple con los estándares ambientales vigentes y requieren acciones urgentes de control y tratamiento de vertimientos.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA.** A la Municipalidad Provincial de San Roman Juliaca: Implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales y control de descargas debido a los altos valores de DBO, DQO, nitratos y fosfatos que superan los límites establecidos, se recomienda priorizar la construcción y fortalecimiento de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales, así como reforzar el control de vertimientos al río Torococha, para reducir la carga orgánica y química detectada.

**SEGUNDA:** A los responsables de saneamiento básico del distrito de Juliaca: Establecer un monitoreo periódico de parámetros físico-químicos a fin de evaluar la evolución de la calidad del agua y validar la efectividad de medidas correctivas, se sugiere realizar monitoreos trimestrales de los parámetros físico-químicos analizados (turbidez, pH, conductividad, nutrientes, entre otros), ampliando en futuras evaluaciones el análisis microbiológico.

**TERCERA:** A la Municipalidad Provincial de San Roman Juliaca: Promover educación ambiental y gestión integral de residuos sólidos considerando que la turbidez elevada y la contaminación orgánica están asociadas a actividades urbanas y disposición inadecuada de residuos, se recomienda implementar programas de sensibilización comunitaria, limpieza de riberas y manejo adecuado de residuos sólidos para prevenir el deterioro del río.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aconsa, E. de comunicación. (2021, mayo 25). *Parámetros químicos de calidad del agua: ¿Cuáles incluye la normativa?* Aconsa. <https://aconsa-lab.com/parametros-quimicos-calidad-agua-cuales-incluye-la-normativa/>
- Arce, K., Sánchez, R., Centeno, J., Marín, R., & Rodríguez, J. A. (2022). Calidad del agua superficial y presiones socioambientales en la microcuenca alta del río Poás. *Uniciencia*. <https://doi.org/10.15359/ru.36-1.24>
- Autoridad Nacional del Agua. (2020). Monitoreo de parámetros fisicoquímicos de calidad del agua. *Repositorio Institucional - ANA*. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4701>
- Cabanillas, A. (2022). *Comportamiento de los parámetros ambientales del agua superficial del río Nanay en la construcción del puente Nanay y viaductos de acceso, Iquitos—Loreto—2022*. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/8648>
- Castro, S. (2020). *Evaluación ambiental de la calidad de agua del sector a en el Centro Poblado Puylucana, distrito Baños del Inca—Cajamarca*.
- CEPAL. (2022). *Guía para la gestión integrada del recurso hídrico en América Latina y el Caribe: Indicadores de desempeño. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*. CEPAL.
- Chavez, D. R., & Culqui, C. A. (2023). *Determinación de la calidad de agua del manantial que abastece a la población del sector las flores en el centro poblado Huambocancha Alta - Cajamarca, 2022*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/36094>
- Choque, D., Ramos, B. S., Ligarda, C. A., Solano, A. M., Correa, O., Quispe, Y., & Choque, Y. (2022). Índices de contaminación del agua de la microcuenca altoandina del río Chumbao, Andahuaylas, Perú. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.20210533>

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2021). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar (Serie Recursos Naturales e Infraestructura N° 50)*. CEPAL.
- Costa, C. P. (2021). *Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua de efluentes del Río Chillón durante los meses enero a junio del 2019*. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/4126>
- Cumbal, F. M., & Ordoñez, B. J. (2023). *Determinación de la calidad de agua mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la microcuenca Sicalpa, cantón Colta* [Bachelor Thesis, Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10579>
- Decreto Supremo N° 004. (2017). *Aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua*. Ministerio del Ambiente MINAM. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>
- Escandón, C. G., & Cáceres, M. E. (2022). *Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos químicos y macroinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del río San Francisco-Gualaceo*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21649/1/UPS-CT009509.pdf>
- Espinoza, A. (2023). *Determinación de los parámetros físicos y químicos en las aguas superficiales del río Coata, (puente independencia) zona baja – Distrito de Coata 2022*. <https://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/488>
- Espinoza, G. R. E. (2022). *Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca parte alta del río Llallimayo, provincia de Melgar, Puno, Perú*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/18540>
- Fernández, M., & Guardado, R. M. (2021). Evaluación del Índice de Calidad del Agua (INCAsup) en el río Cabaña, Moa-Cuba. *Minería y Geología*. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1993-80122021000100105&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1993-80122021000100105&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Fundación Aquae. (2021). ¿Cuánta agua potable hay en la Tierra? *Fundación Aquae*.

- <https://www.fundacionaquae.org/wiki/cantidad-de-agua-potable-fuente-de-vida/>
- Gaspar, M. E., Suárez, M. F., & Merino, J. (2024). Desarrollo sostenible y el derecho al agua: Una perspectiva global. *Iustitia Socialis. Revista Arbitrada de Ciencias Jurídicas y Criminalísticas*. <https://doi.org/10.35381/racji.v9i17.3930>
- González, M. I., & Chiroles, S. (2020). Seguridad del agua en situaciones de emergencia y desastres. Peligros microbiológicos y su evaluación. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1561-30032010000100010&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1561-30032010000100010&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Guajardo, R. A., Barbosa, F., Díaz, G., & Sánchez, I. (2021). Cálculo de un índice de calidad del agua en un cuerpo de agua: Estudio de caso lagunas Chacahua y Pastoría, Oaxaca. *RINDERESU*, Article 2. <http://www.rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/view/105>
- Gutierrez, M. M. (2023). *Evaluación de la calidad del agua de las subcuencas Achamayo y Shullcas utilizando el índice de calidad CCME*. <https://doi.org/10.21142/tl.2023.3169>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill España. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>
- Herrera, G. C., Chávez, M. I., & Jiménez, M. Y. (2022). Medición de calidad del agua en río Chambo (Ecuador) en un programa educativo experiencial. *Información tecnológica*. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642022000200059>
- Huarcaya, W., & Toribio, D. P. (2021). *Estudio de los parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua, en la sub cuenca del río ichu*. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/4417>
- Intriago, J. B., & Quiroz, L. S. (2021). Calidad del agua de la cuenca media del río Portoviejo. Estrategias para mitigar la contaminación. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8016977>

- Jimenez, C. J. (2023). Evaluación de la calidad de aguas del río San Juan antes de la confluencia con las aguas del Lago Chinchaycocha en cumplimiento de los estándares de calidad ambiental de agua, ubicado en el Distrito de Vicco de la Provincia de Pasco—2022. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2911>
- Juarez, Y. K. (2021). Determinación de la calidad del agua del río Moquegua en el tramo de influencia de la Feria de la Chacra a la Olla—Moquegua, 2021. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13205>
- Larrea, J. A., Romeu, B., Lugo, D., & Rojas, M. M. (2022). Aspectos fundamentales del monitoreo de calidad de las aguas: El río almendares como caso de estudio. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2221-24502022000200148&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2221-24502022000200148&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Lupi, O. D., Zaradnik, I. J., & Canziani, M. B. (2022). Estado de arte de los sistemas de monitoreo de calidad de agua. *ISSN 2525-1333*. <http://repositoriocyt.unlam.edu.ar/handle/123456789/1221>
- Menone, M. L., Iturburu, F. G., Demetrio, P. M., Venturino, A., Pedrozo, F. L., Temporetti, P. F., Rodríguez, A., Amé, M. V., Quaíni, K. P., & Collins, P. A. (2021). *Calidad del agua y niveles guía para la protección de la biodiversidad acuática. Interacción entre ciencia y gestión*. <https://doi.org/10.25260/EA.22.32.1.1.1722>
- Muñoz, U. M., & Ruiz, Y. R. R. (2020). *Determinación de la calidad del agua del río Chinchipe en el centro poblado puerto Chinchipe, Cajamarca, Perú-2020*. Universidad Nacional de Jaén. [http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/507/11/T\\_Ruiz%20Roman%20y%20Mu%c3%b1oz%20Huaman\\_IFA.pdf](http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/507/11/T_Ruiz%20Roman%20y%20Mu%c3%b1oz%20Huaman_IFA.pdf)
- Naciones Unidas. (2024). *Agua | Desafíos Globales*. United Nations; United Nations. [https://www.un.org/es/global-issues/water?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.un.org/es/global-issues/water?utm_source=chatgpt.com)
- Nieto, N. (2021). La gestión del agua: Tensiones globales y latinoamericanas. *Política y*

cultura.

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0188-77422011000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0188-77422011000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Ñahui, D. F. (2023). Análisis de la calidad de agua para el consumo humano de los centros poblados del distrito de Yauli, Huancavelica—2023. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13303>

Ortega, P. E. (2022). *Evaluación de la calidad del agua en la cuenca Coata aplicando el método Icarhs, Juliaca 2022*. [http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/20163/Ortega\\_Olvea\\_Pedro\\_Edinson.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/20163/Ortega_Olvea_Pedro_Edinson.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Osorio, M. A., García, J., Saquicela, R. A., & Cadme, M. L. (2021). Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. *Ingeniería del agua*. <https://doi.org/10.4995/ia.2021.13921>

Puente, D. G., Valenzuela, L. I., & Alarcón, M. T. (2023). Determinación histórica de índices de calidad del agua en observatorios participativos en el norte de México. *Revista internacional de contaminación ambiental*. <https://doi.org/10.20937/rica.54697>

Quispe, M. L. (2024). *Evaluación de la calidad de las aguas superficiales del río Coata, Provincia San Román—Puno, 2024*. <http://repositorio.upsc.edu.pe:8080/handle/UPSC/1283>

Rodríguez, S., Jaramillo, S., Zurita, D., Valdiviezo, A., Choloquina, C., Rodríguez, S., Jaramillo, S., Zurita, D., Valdiviezo, A., & Choloquina, C. (2022). Evaluación de la Calidad del Agua de Riego Proveniente de la Acequia Tilipulo Enríquez-Cotopaxi Mediante la Relación de Absorción de Sodio (RAS). *Revista Politécnica*. <https://doi.org/10.33333/rp.vol49n2.06>

Sáez, W., Palomino, P. A., Dávila, H. M., & Tito, L. A. (2022). Aguas residuales en la calidad de agua del río. *Gnosis Wisdom*, Article 3. <https://doi.org/10.54556/gnosiswisdom.v2i3.43>

- Salas, J., Maraver, F., Rodríguez, L., Sáenz, M., Vitoria, I., Moreno, L. A. (2020). Importancia del consumo de agua en la salud y la prevención de la enfermedad: Situación actual. *Nutrición Hospitalaria*. <https://doi.org/10.20960/nh.03160>
- Sias, D. Y. (2023). *Calidad de agua en el río Huallaga y sus tributarios según el índice de Oregón, Tingo María, Huánuco*. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2736>
- Tumi, J. E. (2022). Actitudes de la población sobre saneamiento y gestión ambiental y contaminación del litoral costero del distrito de Juli-Puno, Perú. *Espacio Abierto. Cuaderno Venezolano de Sociología*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7430438>
- Vigil, J. M. (2021). Evaluación físico química del agua en base a los estándares de calidad ambiental (c3) del río chonta, sector cinco en el distrito de baños del inca, 2021. *Universidad Nacional de Cajamarca*. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5452>
- Zambrano, J. M. (2023). Características físicas y químicas de las aguas del río Ronquillo influenciadas por factores externos, comparado con los estándares de calidad ambiental para consumo humano (ECA-1A). *Universidad Nacional de Cajamarca*. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5974>

## ANEXOS

**Anexo 01:** Matriz de consistencia: Evaluación de la calidad del agua mediante parámetros físico-químicos en el río Torococha, ciudad de Juliaca - San Román - Puno, 2025

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Dimensión	Indicadores	Método
<b>Problema General</b> ¿Cuál es la calidad del agua del río Torococha, según la concentración de los parámetros físico-químicos evaluados en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román – Puno, 2025?	<b>Objetivo General</b> Analizar la calidad del agua del río Torococha según la concentración de los parámetros físico-químicos en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román – Puno, 2025.	<b>Hipótesis General</b> La calidad del agua del río Torococha, de acuerdo con la concentración de los parámetros físico-químicos evaluados, no se encuentra dentro de los valores establecidos por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.	Variable Independiente e:	Dimensión 1: Parámetros físico	Turbidez (UNT) Conductividad eléctrica (µS/cm) Temperatura (°C) Sólidos Totales Disueltos (STD) Potencial de Hidrógeno (pH)	<b>Enfoque:</b> Cuantitativo <b>Tipo:</b> Descriptivo – Explicativo <b>Diseño:</b> No experimental y de corte transversal <b>Población:</b> Cuerpo del río Torococha <b>Muestra:</b> 4 puntos de muestreo
<b>Problema Específico</b> ¿Cuál es la concentración de los parámetros físicos del río Torococha, en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román – Puno, 2025?	<b>Objetivo Específico</b> Determinar la concentración de los parámetros físicos en el río Torococha, en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román – Puno, 2025.	<b>Hipótesis Específicas</b> La concentración de los parámetros físicos presentes en el río Torococha, en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román – Puno, excede los valores establecidos por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.	Parámetros físicoquímicos del agua	Dimensión 2: Parámetros químicos	Demanda Química de Oxígeno (DQO) Fósforo Total (PT) Oxígeno Disuelto (OD) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) Nitrito (NO <sub>2</sub> ), Nitrito (NO <sub>3</sub> ) y Nitrogeno Amoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N) Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	<b>Técnica:</b> Muestreo puntual de agua, basado en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de Recursos Hídricos Superficiales (R.J. N.º 010-2016-ANA) <b>Instrumentos:</b> Frascos de vidrio, Frascos, Libreta de campo, Cámara fotográfica, Laptop, EPPS, Conservantes químicos y hielera
<b>Problema Específico</b> ¿Cuál es la concentración de los parámetros químicos del río Torococha, en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román – Puno, 2025?	<b>Objetivo Específico</b> Determinar la concentración de los parámetros químicos en el río Torococha, en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román – Puno, 2025.	<b>Hipótesis Específicas</b> La concentración de los parámetros químicos presentes en el río Torococha, en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román – Puno, excede los valores establecidos por el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.	Variable Dependiente Calidad del agua	Dimensión 1: Estándares de Calidad Ambiental (ECA) del agua	Cumple con los ECA (1) No cumple con los ECA (0)	<b>Evaluación basada en:</b> Categoría 4: Conservación del medio ambiente acuático, Subcategoría E2: Ríos costa y sierra, según el D.S. N.º 004-2017-MINAM.

**Anexo 02: Instrumentos**

**Registro de Información de Campo – Muestreo de Agua**

Campo	
Proyecto	Evaluación calidad agua – río Torococha
Fecha y hora	___/___/___:___
Coordenadas	Latitud: _____ Longitud: _____
Altitud	_____ msnm
Clima	Soleado / Nublado / Lluvioso
Nivel de agua	Alto / Medio / Bajo
Observaciones	Olor, color, residuos, otros.
Responsable	

### Anexo 03: Registro Fotográfico



**Figura 04:** Vista general de las aguas residuales en la ciudad de Ilave.



**Figura 05:** Toma de muestra de agua en el punto M1.



**Figura 06:** Rotulado de la muestra M1 para el análisis físico-químico.



**Figura 07:** Toma de muestra de agua en el punto M2.



**Figura 08:** Llenado del rotulado de la muestra M2.



**Figura 09:** Toma de muestra de agua en el punto M3.



**Figura 10:** Llenado de datos del rotulado de la muestra M3



**Figura 11:** Toma de muestra de agua en el punto M4.



**Figura 12:** Llenado de datos del rotulado de la muestra M4.



**Figura 13:** Acondicionamiento de las muestras para su traslado al laboratorio.

## Registro de Información de Campo – Muestreo de Agua

### Punto de Muestreo M1

Campo	RIO TOROCOCHA
Proyecto	Evaluación calidad agua - río Torococha
Fecha y hora	30 / 02 / 2025 9:15
Coordenadas	Latitud: <u>-10.191263</u> Longitud: <u>-76.17368</u>
Altitud	<u>3835</u> msnm
Clima	Soleado / Nublado / Lluvioso <i>Soleado</i>
Nivel de agua	Alto / Medio / Bajo <i>Bajo</i>
Observaciones	Olor, color, residuos, otros. <i>Poca Residuos Solidos</i>
Responsable	CARLOS MAKE GALINDO MAMANI

### Punto de Muestreo M2

Campo	RIO TOROCOCHA
Proyecto	Evaluación calidad agua - río Torococha
Fecha y hora	30 / 02 / 2025 9:35
Coordenadas	Latitud: <u>-10.195126</u> Longitud: <u>-76.170823</u>
Altitud	<u>3835</u> msnm
Clima	Soleado / Nublado / Lluvioso <i>Soleado</i>
Nivel de agua	Alto / Medio / Bajo <i>Medio</i>
Observaciones	Olor, color, residuos, otros. <i>Mal olor</i>
Responsable	CARLOS MAKE GALINDO MAMANI

**Figura 14:** Registro de la guía de campo en el punto M1 y M2.

## Registro de Información de Campo – Muestreo de Agua

### Punto de Muestreo M3

Campo	RIO TOROCOCHA
Proyecto	Evaluación calidad agua - río Torococha
Fecha y hora	30/07/2025 9:50
Coordenadas	Latitud: -15,497500 Longitud: -70,922500
Altitud	3835 msnm
Clima	Soleado / Nublado / Lluvioso Soleado
Nivel de agua	Alto / Medio / Bajo Medio
Observaciones	Olor, color, residuos, otros. Medio de Residuos S.
Responsable	CARLOS MAKE GALLINDO MAMANI

### Punto de Muestreo M4

Campo	RIO TOROCOCHA
Proyecto	Evaluación calidad agua - río Torococha
Fecha y hora	30/07/2025 10:30
Coordenadas	Latitud: -15,499800 Longitud: -70,184700
Altitud	3835 msnm
Clima	Soleado / Nublado / Lluvioso Soleado
Nivel de agua	Alto / Medio / Bajo Bajo
Observaciones	Olor, color, residuos, otros. Bastante Residuo Sali.
Responsable	CARLOS MAKE GALLINDO MAMANI

Figura 15: Registro de la guía de campo en el punto M3 y M4.



**MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C**  
ANÁLISIS DE AGUAS – SUELOS – MINERALES Y OTROS.  
CON EQUIPOS CALIBRADOS Y CERTIFICADOS POR  
COMPARACIÓN DE TRAZABILIDAD DIRECTA DE INACAL.  
RUC: 20612800741.

### INFORME DE ENSAYO 0143/MQA

#### RESULTADO DE ANÁLISIS

**ASUNTO: ANALISIS FISICO-QUÍMICO DE AGUA.**

**PROCEDENCIA** : RIO TOROCOCHA.  
**INTERESADO** : CARLOS MAKE GALINDO MAMANI.  
**MOTIVO** : ANALISIS FISICO - QUIMICO  
**FECHA DE MUESTREO** : 30/07/2025 (por el interesado)  
**FECHA DE ANALISIS** : 31/07/2025.

#### CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:

**Aspecto** : Líquido  
**Color** : Amarillento  
**Olor** : Fétido

#### CARACTERÍSTICAS FISICOS:

PARAMETROS	UNIDAD	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04	METODOLOGÍA
pH		6.95	7.57	7.40	7.17	Potenciómetro
C.E	mS/cm	1.98	2.50	2.26	2.39	Conductímetro
Temperatura (°C)	°C	13.80	13.76	13.58	13.90	Termómetro
Sólidos Disueltos Totales	g/l	0.99	1.25	1.13	1.19	Evaporación y pesaje
Turbidez	NTU	250	310	280	290	Turbidímetro
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	1.2	0.9	1.0	0.95	Sonda oxímetro

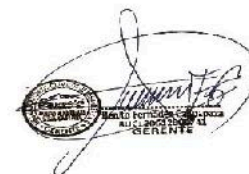
#### CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:

Dureza Total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	1615	1900	1881	1919	Titulación con EDTA
Alcalinidad (como CaHCO <sub>3</sub> )	mg/L	887.20	831.75	887.20	998.10	Titulación ácido-base
Cloruros (como Cl <sup>-</sup> )	mg/L	439.70	425.52	411.33	425.52	Titulación de Mohr
Sulfatos (como SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	280	310	280	260	Espectrofotometría (Método de bario).
Nitratos (como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	22.50	24.10	21.60	23.00	método colorimétrico
Nitritos (como NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	0.80	1.20	0.90	1.10	Colorimétrico (Griess)
Calcio (como Ca <sup>++</sup> )	mg/L	136.8	129.2	121.8	114.0	Titulación con EDTA
Magnesio (como Mg <sup>++</sup> )	mg/L	307.19	380.55	380.55	394.31	Titulación con EDTA
Demanda Bioquímica de Oxígeno (como DBO <sub>5</sub> )	mg/L	140	160	152	158	Método cerrado con dicromato
Demanda Química de Oxígeno (como DQO)	mg/L	350	400	380	395	Método cerrado con dicromato
Nitrógeno amoniacal (NH <sub>3</sub> )	mg/L	6.0	8.0	7.0	7.5	Colorimétrico
Fosfatos (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	3.5	4.2	3.8	4.0	Método molibdato-ascórbico

#### INTERPRETACION:

El agua analizada es en iones líquido por lo tanto los resultados serán interpretados en el área correspondiente.

- La muestra se recibió en el laboratorio.



Jr. Esmeralda N°193 URB - Villa Florida – a una cuadra del local Pégola - Puno  
Cel. 973296546 – 983003185

Figura 16: Resultados del laboratorio.